



## Slutrapport for Projekt BioRev 2010-2012

**Poulsen, Louise K.; Christensen, Helle Torp; Stenberg, Claus; Kristensen, Louise; Thorsen, Sandra W.; Røjbek, Maria; Landes, Anja; Andersen, Stine Kærulf; Dolmer, Per; Geitner, Kerstin**

*Total number of authors:*  
16

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Poulsen, L. K., Christensen, H. T., Stenberg, C., Kristensen, L., Thorsen, S. W., Røjbek, M., Landes, A., Andersen, S. K., Dolmer, P., Geitner, K., Gram, V., Holm, N., Holmer, M., Knudsen, J., Knudsen, M., & Støttrup, J. (2012). *Slutrapport for Projekt BioRev 2010-2012*. DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 251-2012  
[http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter\\_siden\\_2008](http://www.aqua.dtu.dk/Publikationer/Forskningsrapporter/Forskningsrapporter_siden_2008)

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Slutrapport for Projekt BioRev 2010-2012



## DTU Aqua-rapport 251-2012

Af Louise K. Poulsen, Helle Torp Christensen, Claus Stenberg, Louise Dahl Kristensen, Sandra W. Thorsen, Maria Røjbek, Anja Landes, Stine Kærulf Andersen, Per Dolmer, Kerstin Geitner, Vagn Gram, Nina Holm, Marianne Holmer, Jesper Knudsen, Marianne Knudsen og Josianne G. Støttrup

# Slutrapport for Projekt BioRev 2010-2012

## DTU Aqua-rapport 251-2012

Louise K. Poulsen, Helle Torp Christensen, Claus Stenberg, Louise Dahl Kristensen, Sandra W. Thorsen, Maria Røjbek, Anja Landes, Stine Kærulf Andersen, Per Dolmer, Kerstin Geitner, Vagn Gram, Nina Holm, Marianne Holmer, Jesper Knudsen, Marianne Knudsen og Josianne G. Støttrup

Projektitel: Genskabelse af biogene rev (muslingebanker) i Nørrefjord.

Projektet blev finansieret af DTU Aqua og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri via LAG Fyn gennem Den Europæiske Fiskerifond: Danmark og EU investerer i bæredygtigt fiskeri og akvakultur.

Projektgruppen: DTU Aqua, Faaborg Amatørfiskerforening, Syddansk Universitet og Nordshell.



## Dataark

### Slutrapport for Projekt BioRev 2010-2012

Louise K. Poulsen, Helle Torp Christensen, Claus Stenberg, Louise Dahl Kristensen, Sandra W. Thorsen, Maria Røjbek, Anja Landes, Stine Kærulf Andersen, Per Dolmer, Kerstin Geitner, Vagn Gram, Nina Holm, Marianne Holmer, Jesper Knudsen, Marianne Knudsen og Josianne G. Støttrup

Juli 2012

Institut for Akvatiske Ressourcer

DTU Aqua-rapport nr. 251-2012

ISBN 978-87-7481-152-7

ISSN 1395-8216

Omslag: Peter Waldorff/Schultz Grafisk

Forsidefoto: Peter Jensen

Reference: Poulsen L. K., Christensen H. T., Stenberg C., Kristensen L. D., Thorsen S. W., Røjbek M., Landes A., Andersen S. K., Dolmer P., Geitner K., Gram V., Holm N., Holmer M., Knudsen J., Knudsen M. & Støttrup J. G. Slutrapport for Projekt BioRev 2010-2012. DTU Aqua-rapport nr. 251-2012. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. 51 s.+ bilag.

**DTU Aqua-rapporter** udgives af DTU Aqua, Institut for Akvatiske Ressourcer og indeholder resultater fra nogle af instituttets forskningsprojekter, studentspecialer, udredninger m.v. Fremsatte synspunkter og konklusioner er ikke nødvendigvis instituttets.

Rapporterne kan hentes på DTU Aquas websted [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk).

**DTU Aqua reports** are published by the National Institute of Aquatic Resources and contain results from research projects etc. The views and conclusions are not necessarily those of the Institute.

The reports can be downloaded from [www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk).

## Indholdsfortegnelse

Taksigelser .....	5
1. Sammenfatning .....	6
1.1 Formål og baggrund.....	6
1.2 Effektundersøgelser.....	6
1.3 Konklusion .....	7
2. Projektets baggrund, formål, finansiering og målgrupper .....	8
2.1 Baggrund.....	8
2.1.1 Nørrefjords generelle tilstand .....	8
2.2 Formål.....	9
2.3 Finansiering og målgruppe .....	9
3. Lokal involvering.....	10
3.1 Faaborg Amatørfiskerforening .....	10
3.2 Nordshell (sydfynsk konsulentfirma).....	11
4. Projektets aktiviteter .....	11
4.1 Produktion af blåmuslinger på et anlæg i Nørrefjord .....	12
4.1.1 Muslingeproduktionsanlægget.....	12
4.1.2 Vedligeholdelse og tilsyn .....	13
4.1.3 Forsøg med vækstmedier til muslingerne .....	13
4.2 Høst og udlægning af muslingebanker i 2010 og 2011 .....	14
4.2.1 Høst af muslinger på anlægget.....	14
4.2.2 Udlægning af muslingebanker.....	14
5. Muslingerekruttering og vækst .....	16
5.1 Metoder .....	16
5.2 Resultater .....	16
5.3 Diskussion .....	18
6. Udlægning af muslinger fra Nørrefjord sammenlignet med muslinger fra Lillebælt .....	19
6.1 Metode .....	19
6.2 Resultater .....	20
6.3 Diskussion .....	20
7. Effektundersøgelser.....	21
7.1 Fisk – områdeeffekt.....	21
7.1.1 Metode .....	21

7.1.2 Resultater .....	22
7.1.3 Diskussion .....	27
7.1.4 Perspektivering .....	28
7.2 Fisk – småskala effekt .....	29
7.2.1 Metode .....	29
7.2.2 Resultater .....	30
7.2.3 Diskussion .....	32
7.3 Sigtdybde .....	32
7.3.1 Metode .....	32
7.3.2 Resultater .....	33
7.3.3 Diskussion .....	33
7.4 Ålegræs .....	35
7.4.1 Metoder .....	35
7.4.2 Resultater .....	38
7.4.3 Diskussion .....	41
7.5 Bunddyr .....	42
7.5.1 Metode .....	42
7.5.2 Resultater .....	43
7.5.3 Diskussion .....	46
8. Konklusion for BioRev-projektet .....	47
9. Referencer .....	49
Appendiks 1 – Fiskearter fanget i fjorden i 2010 og 2011 .....	52
Appendiks 2 – Bundfauna fanget med epibentisk slæde i kontrol- og forsøgsområdet i 2010 og 2011 .....	54

## **Taksigelser**

Mange skal have tak for deres opbakning, hjælp og deltagelse i projekt BioRev. I særdeleshed skal nævnes Poul Nielsen og Bent Ingildsen og de 20 øvrige fiskere, der gjorde det muligt at gennemføre projektet.

## 1. Sammenfatning

Projektet er gennemført i et samarbejde mellem DTU Aqua, Faaborg Amatørfiskerforening, Nordshell og Syddansk Universitet.

### 1.1 Formål og baggrund

Formålet med BioRev-projektet var at genskabe blåmuslingebanker (=biogene rev) i Nørrefjord for at fremme og ophjælpe levesteder og opvækstbetingelser for fisk i området, idet muslingebankerne giver fisk og fiskeyngel flere skjulesteder og bedre fødemuligheder. Muslingerne filtrerer desuden vandet for planteplankton. Dette kan skabe bedre betingelser for ålegræs og makroalger, som også er vigtige levesteder for fisk.

Faaborg Amatørfiskerforening, Nordshell og DTU Aqua har i 2010 og 2011 udlagt muslingebanker i et område svarende til 17 fodboldbaner (121.000 m<sup>2</sup>). Muslingerne blev produceret på et flydeanlæg i fjorden og udlagt i toppe med en diameter på tre meter, for at efterligne naturlige banker i fjorden. Muslingerne blev desuden anbragt oven på hampsække, hvori der var fyldt muslingeskaller, for at skabe så høj kompleksitet som muligt. Høj kompleksitet skaber flere skjul og fødemuligheder for fisk og fiskeyngel på bankerne.

Rekrutteringen og væksten af muslinger i Nørrefjord understøttes af en høj larvedensitet og gode vækstforhold. De mange søstjerner i Nørrefjord åd en stor del af de udlagte muslinger i 2010, men skallerne ligger, hvor de blev placeret og er med til at give fiskene bedre muligheder for at finde føde og skjul. De mange muslingelarver i fjorden vil sikre en ny-rekruttering på bankerne, hvis søstjernebestanden reduceres.

Undersøgelser af muslinger udsat på liner (Nørrefjord) kontra muslinger udsat på bunden (Lillebælt) viste, at linemuslinger er et godt alternativ til bundmuslinger som udlægningsmateriale ved habitatrestaurering.

### 1.2 Effektundersøgelser

Effekten af de udlagte muslingebanker på fisk, sigtddybde, ålegræs og bunddyr blev undersøgt før (2010) og efter (2011) udlægningen af muslingebankerne i et kontrolområde og et forsøgsområde i Nørrefjord.

Effektundersøgelserne viste, at antallet af fisk fanget i forsøgsområdet i 2011 var større end antallet fanget i kontrolområdet. Især trepigget hundestejle og torsk var gået frem i garnfangsterne. Der var en tendens til at muslingeudlægningen havde en positiv effekt på fiskeantallet. Muslingebankerne har dog ligget i området i under et år, og effekterne af bankerne forventes derfor at blive tydeligere inden for en periode på 3-5 år. Bl.a. forventes artsantallet såvel som individantallet at stige i området med genoprettede muslingebanker.

Der kunne ikke registreres en effekt af de udlagte muslingebanker på sigtddybden i området, idet mange muslinger blev ædt af en stor søstjernebestand efter udlægningen i 2010. Iltmålingerne viste høj iltmætning indtil 20 cm over bunden i hele perioden.

Udlægningen af muslinger havde ingen effekt på ålegræssets tilstand, udbredelse eller epifytbevoksning. Ålegræsset forekom i tætte bestande ud til 4-5 meters dybde og maksimalt til 7,4 meters dybde.

Ålegræsset er generelt i god tilstand og dette skyldes formodentligt den faldende kvælstofbelastning, den



heraf afledte høje sigtddybde og det lave indhold af organiske stoffer i sedimentet. Disse parametre indikerer desuden, at Nørrefjords tilstand generelt er i bedring uafhængig af etableringen af muslingebanker.

Antallet af bunddyr steg fra 2010 til 2011, med den største stigning i forsøgsområdet, hvilket indikerer, at udlægningen af muslinger har haft en gavnlig effekt på bundfaunaen i området.

### **1.3 Konklusion**

BioRev-projektet er et demonstrationsprojekt, som viser hvordan fiskehabitater kan genoprettes i danske fjorde med en stærk lokal forankring. I dette projekt bestod de lokale aktører af Faaborg Amatørfiskerforening, der bidrog med frivillig udførsel af det praktiske arbejde i forbindelse med genoprettelsen af muslingebanker. Der er i BioRev-projektet udlagt muslingebanker i et område svarende til 17 fodboldbaner i Nørrefjord. Effektundersøgelserne af muslingebankerne viser ingen signifikant effekt på sigtddybde og ålegræs. Derimod viser undersøgelserne at tætheden af fisk i umiddelbar nærhed af muslingebankerne var markant højere sammenlignet med et område uden muslingebanker. Overordnet steg antallet af fisk også i området med udlagte muslingebanker, men der var stor forskel mellem de enkelte arter. Trepigget hundestejle var den art som steg mest markant i området med muslingebanker, mens en art som torsken generelt var i fremgang, uden at det direkte kunne kobles til udlægningen af muslingebanker. Det vurderes, at udlægningen af muslingebanker har givet fisk i området bedre muligheder for at finde skjul og føde. Muslingebankerne har endvidere haft en gavnlig effekt på individantallet af bunddyr. Muslingebanker anses således for et brugbart værktøj til at fremme fiskebestande i danske fjorde.

## 2. Projektets baggrund, formål, finansiering og målgrupper

### 2.1 Baggrund

Kystnære habitater er i dag under kraftig påvirkning af menneskelige aktiviteter. Hårdbundshabitater og biogene rev (rev bestående af levende organismer) er en habitattype, der er særligt hårdt ramt som følge af ressourceudnyttelse (stenfiskeri og fiskeri med slæbende redskaber) og afledte effekter af øget næringssaltbelastning. Disse habitattyper er samtidigt vigtige opvækst- og leveområder for en række fiskearter.

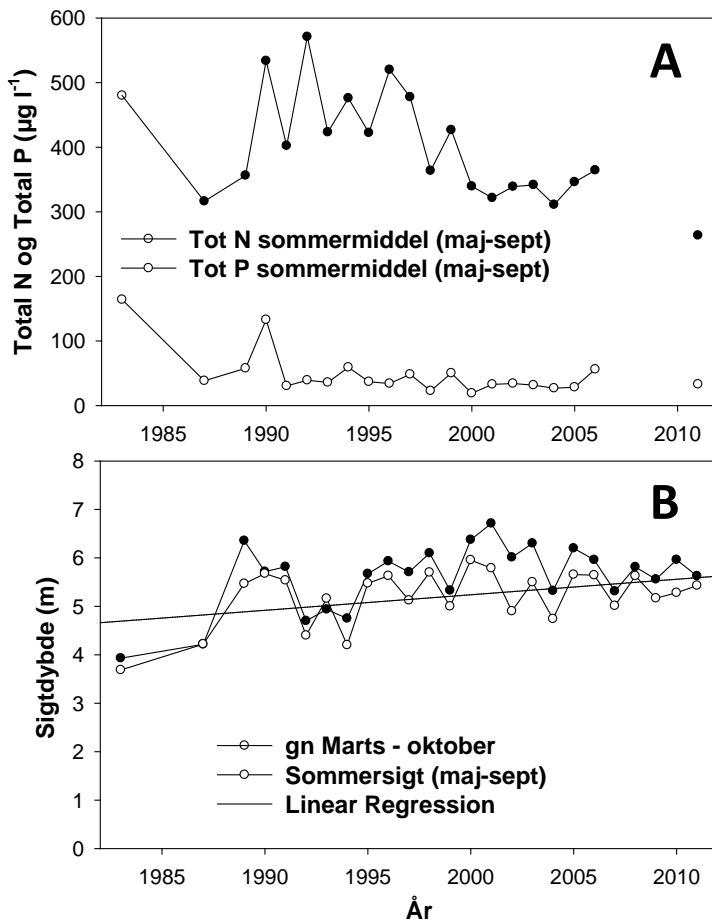
Nørrefjord på Sydfyn er et eksempel på et kystnært område, der er påvirket af råstofindvinding (sand og ralsugning har efterladt sugehuller i fjordbunden) og næringssaltbelastning (figur 1). DTU Aqua har i perioden 2008-2010 i samarbejde med Faaborg Amatørfiskerforening gennemført et parallelt projekt<sup>1</sup> i området som bl.a. har til formål, at undersøge de afledte lokale effekter af tidligere tiders råstofindvinding på fiskebestandene. BioRev-projektet er en udløber af dette oprindelige projekt og undersøger om fiskebestandens tilstand kan forbedres i dele af fjorden ved habitatrestaurering af muslingebanker.

#### 2.1.1 Nørrefjords generelle tilstand

Nørrefjord er et næsten lukket vandområde på ca. 39 km<sup>2</sup> (figur 2). I den centrale del af Nørrefjord er dybden 7-12 m og middeldybden i hele Nørrefjord er 5,5 m. Nørrefjords opland omfatter primært landbrugsområder, hvorfra fjorden modtager næringssalte. Udviklingen i næringssaltkoncentrationen i de sidste årtier har vist et generelt fald i både kvælstof- og fosforbelastningen. Nørrefjord har været præget af iltsvindsepisoder, hvor iltkoncentrationen når ned under det kritiske iltniveau (<4 mg l<sup>-1</sup>) i varme somre i perioden fra juli til oktober (Fyns Amt 2000). I disse perioder med iltsvind sker der næringssaltudslip (især fosfor og ammonium) fra de ophobede næringssaltpuljer i sedimentet. Sigtdybden i sommerperioden (maj-september) har generelt været stigende i fjorden i de sidste årtier (figur 1B). Målinger af næringssaltkoncentrationerne i fjorden er kun målt sporadisk i det seneste årti. Målinger i 2011 viste et markant fald i kvælstofkoncentrationen i fjorden i forhold til alle tidligere målinger, hvorimod der ikke ses en ændring i fosforkoncentrationen i fjorden (figur 1). Næringssaltbelastning af kvælstof ser derfor ud til at være blevet markant formindsket i Nørrefjord inden for de sidste 5-8 år (Data fra Naturstyrelsen Odense, figur 1A).

---

<sup>1</sup> se mere på [http://www.fiskepleje.dk/kyst/restaurering/norre\\_fjord.aspx](http://www.fiskepleje.dk/kyst/restaurering/norre_fjord.aspx).



Figur 1. Næringssaltkoncentrationer og sigt dybde i Nørrefjord i perioden 1983-2011. A) total kvælstof (N) og total fosfor (P) i sommerperioden (maj-sept). B) Den gennemsnitlige sigt dybde i vækstsæsonen for ålegræsset (maj-oktober, Nielsen et al. 2002) og i sommerperioden (maj-september). Data af Naturstyrelsen Odense.

## 2.2 Formål

Projektets formål var at genskabe blåmuslingebanker (=biogene rev) i Nørrefjord for at fremme og ophjælpe levesteder og forbedre opvækstbetingelser for fisk i området. Dette forventes at ske direkte ved at øge arealet af skjul og forøge mængden af føde for fisk, og indirekte ved at introducere store mængder af blåmuslinger, der filtrerer vandet for småorganismer og dermed øger sigt dybden i fjorden, som igen vil skabe bedre betingelser for andre vigtige fiskehabitater såsom ålegræs og makroalger.

## 2.3 Finansiering og målgruppe

Projektet er et 2-årigt projekt med projektstart i maj 2010 og afslutning i april 2012. Projektet er støttet af DTU Aqua og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri gennem Fiskeri LAG Fyn. Fiskeri LAG Fyn finansieres blandt andet af Fiskeriudviklingsprogrammet under Fødevarerministeriet.

Målgruppen for projektet er primært de brugergrupper, der udnytter fjordens fiskeressourcer, men også myndigheder, forvaltere, lokale beboere og rekreative brugere af fjorden, idet fjordens biologiske tilstand efter al sandsynlighed vil blive forbedret, til gavn for de forskellige grupper.

### 3. Lokal involvering

#### 3.1 Faaborg Amatørfiskerforening

Faaborg Amatørfiskerforening har været en central lokal aktør og samarbejdspartner i nærværende projekt. Foreningen har bidraget til det praktiske arbejde i projektet med 3000 frivillige timer<sup>1</sup>. De involverede har med stor ekspertise udført hovedparten af det praktiske arbejde i forbindelse med projektet, herunder:

1. Etablering og vedligeholdelse af samt tilsyn med muslingeproduktionsanlægget
2. Høst og udlægning af muslingerne i 2010 og 2011
3. Bistand ved de biologiske undersøgelser af tilstanden i fjorden før og efter udlægningen af muslingebankerne
4. Viden om fjordens nuværende og historiske udvikling

BioRev-projektet har demonstreret at lokale aktører, såsom Faaborg Amatørfiskerforening, kan yde en stor og afgørende indsats i forbindelse med koordineringen og gennemførelse af det praktiske arbejde på habitatrestaureringsprojekter. I 2011 stod Faaborg Amatørfiskerforening således selv for tilsyn med muslingeanklægget og udlægning af bankerne. Indsatsen er baseret på frivilligt arbejde og reducerer omkostningerne i forbindelse med projektet til et niveau, der er realistisk for habitatrestaureringsprojekter i danske kystområder. Amatørfiskerne bidrager desuden med et vigtigt kendskab til fjorden og dens udvikling igennem de sidste mange årtier. En viden, som er meget vigtigt i forbindelse med det videnskabelige arbejde. Både som udgangspunkt for, og til målretning af de undersøgelser og eksperimenter der blev gennemført i fjorden i forbindelse med projektet.

I boksen herunder er der, på baggrund af erfaringerne med inddragelse af frivillig arbejdskraft, listet hvad der er vigtigt at holde for øje, for at opnå en succesfuld projektgennemførelse.

**Erfaringer med inddragelse af frivillige – på baggrund af de frivilliges egne erfaringer:**

**Det er vigtigt,** at de frivillige føler et ejerskab til projektet, bygget på deres ideer.

**Det er vigtigt,** at målet med projektet står klart for alle.

**Det er vigtigt,** at der er en klar langsigtet plan og den korte plan skal være lavet i samarbejde med dem og den skal følges nøje.

**Det er vigtigt,** at alle planlagte delresultater bliver tilgængelige for de frivillige inden for tidsrammen.

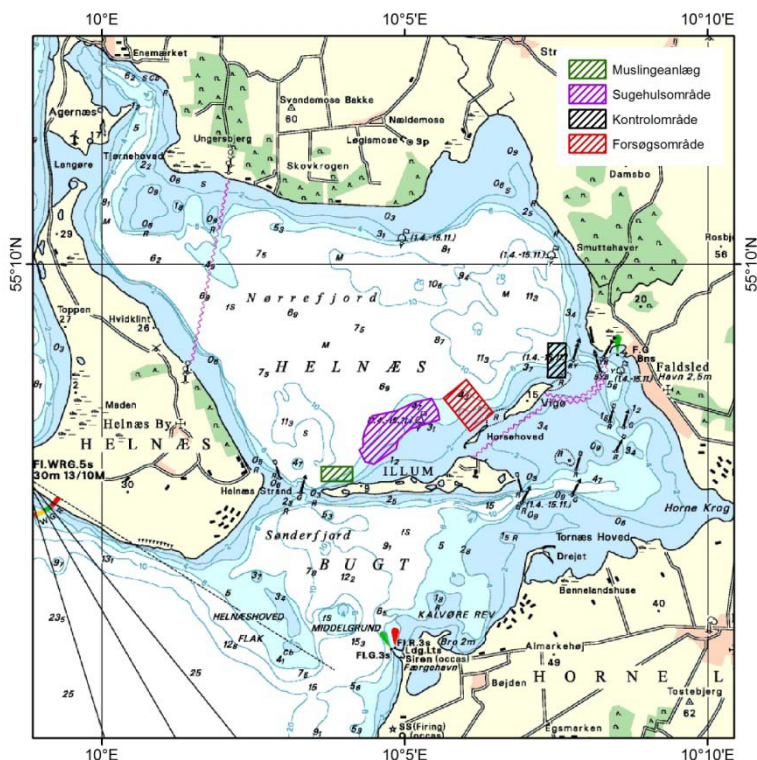
**Det er vigtigt,** at de frivillige ikke har direkte udgifter til transport med bil og både, samt at de bliver forplejet under arbejdets udførelse.

**Det er vigtigt,** at de frivillige får en afslutning på projektet, som giver dem fornemmelsen af at deres arbejde bliver respekteret og har været til gavn for deres forening og fiskebestandene i de kystnære områder.

**Det er vigtigt,** at der er en overordnet leder på det praktiske og på det faglige område.

### 3.2 Nordshell (sydfynsk konsulentfirma)

Mads Van Deurs, konsulent fra det lokale firma Nordshell (tidligere Sydfyns Linemuslinger ApS) har været en central lokal samarbejdspartner, som har bidraget med praktisk hjælp, viden og erfaring omkring dyrkning, høst og udlægning af muslingerne. Nordshell har igennem flere år drevet et kommercielt muslingeopdræt i det sydfynske øhav og har således stor erfaring med blåmuslingeproduktion under lokale forhold.



**Figur 2. Nørrefjord på Sydfyn. Placeringen af muslingeproduktionsanlægget, forsøgsområdet, hvor muslingebanker blev udlagt, kontrolområdet samt området med sugehuller er angivet på kortet.**

## 4. Projektets aktiviteter

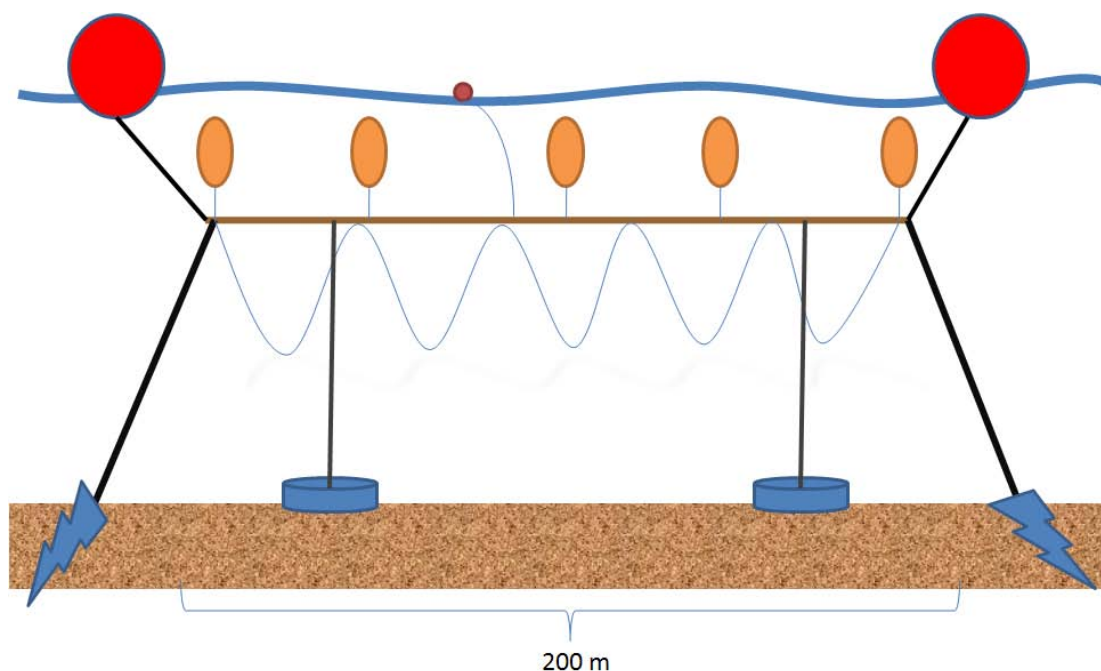
Projektet har bestået af aktiviteter på flere områder:

1. Produktion af blåmuslinger på et anlæg i Nørrefjord
2. Høst og udlægning af muslingerne i 2010 og 2011
3. Undersøgelser af muslingernes rekruttering, vækst og overlevelse i fjorden
4. Udlægning af linemuslinger fra Nørrefjord sammenlignet med bundmuslinger fra Lillebælt
5. Effektundersøgelser. Undersøgelser af tilstanden i fjorden før og efter udlægningen af muslingebanker til dokumentation af effekten af muslingebanker i forsøgsområdet. DTU Aqua har undersøgt en række miljø- og biologiske parametre:
  - a. Fisk
  - b. Sigtdybde
  - c. Ålegræs
  - d. Bunddyr

## 4.1 Produktion af blåmuslinger på et anlæg i Nørrefjord

### 4.1.1 Muslingeproduktionsanlægget

Faaborg Amatørfiskerforening og DTU Aqua har med praktisk hjælp fra Nordshell produceret blåmuslinger til udlægning i muslingebanker på et forsøgsanlæg nordvest for Illum Ø i Nørrefjord (figur 2).



Figur 3. Skitse af muslingeproduktionsanlægget. Anlægget består af en hovedline, hvorfra der i guirlander hænger et vækstmedie bestående af opklippet trawl-net (10 cm brede). Hovedlinen er holdt oppe af bøjer og fastgjort til havbunden med skrueankre. Muslingeanlægget var placeret i den ydre del af Nørrefjord, nordvest for Illum Ø (figur 2). Anlæggets placering blev valgt fordi den kraftige strøm sikrede en kontinuerlig tilførsel af føde til muslingerne på vækstmediet.

Muslingeproduktionsanlægget bestod af syv langliner på 200 meter hver, forankret i havbunden. Langlinerne blev holdt oppe af bøjer. Vækstmediet blev ophængt på langlinerne i kontinuerte guirlander (figur 3).

Muslingelarverne fasthæftede sig til vækstmediet i perioden maj til juli. For beskrivelse af muslingernes rekruttering og vækst på linerne se afsnit 5.0.

Produktionsanlægget blev etableret i april 2010 i et samarbejde mellem Nordshell, frivillige fiskere fra Faaborg Amatørfiskerforening og DTU Aqua. Nordshell borede skrueankrene i havbunden og fasthæftede langlinerne, herefter satte frivillige fra Faaborg Amatørfiskerforening 5000 m trawl-net på langlinerne. Til forberedelse af alle materialer til anlægget blev der brugt fire arbejdsdage for fire personer og til opsætning af anlægget blev der brugt 4,5 arbejdsdage for fem personer ved hjælp af tre både.

#### 4.1.2 Vedligeholdelse og tilsyn

Muslingeanlægget blev tilset hver uge. Muslingernes hurtige vækst gjorde det nødvendigt løbende at sætte bøjer på langlinerne for at undgå, at langlinerne blev trukket ned til bunden pga. den store vægt. Der blev totalt påsat 300 bøjer i 2010 og 250 bøjer i 2011.

En anden arbejdskrævende opgave i forbindelse med tilsyn og vedligeholdelse af anlægget var opstramning af linerne og udredning af sammenviklede liner. Erfaringerne her viser, at opstramningen kræver en båd med hydraulisk spil og minimum tre personer.

#### 4.1.3 Forsøg med vækstmedier til muslingerne

Tre typer vækstmedie blev afprøvet for at identificere den mest omkostningseffektive metode at producere og udlægge muslingerne på.

I 2010 blev der anvendt to typer vækstmedie:

- 1) 5500 meter vækstline ophængt i kontinuerte guirlander til 2 meter under bærelinen. Materialet til vækstlinen bestod af opklippet trawlnet i 10 cm brede strimler. Denne type vækstline giver en god vedhæftning for yngel og mindsker risikoen for nedskridning. Trawlnettet fungerede godt til opsamling af yngel, men høst af muslingerne inden udlægningen var meget tungt og tidskrævende.
- 2) 50 hampnet (i en størrelse på 2,5 × 2 m) med kvadratiske masker af 25 cm ophængt på langliner. Faaborg Amatørfiskerforening flettede hampnettene, der ikke krævede høst, men blev udlagt direkte på bunden. Nettene viste sig at være svære at håndtere pga. den store vægt af muslinger, som sad fasthæftet på hvert net. Samtidig foldede nettene sig sammen, hvilket er u hensigtsmæssigt i forhold til muslingernes vækst. Net på 1 × 1 meter ville formodentligt være nemmere at håndtere og materiale bør være af en type, som ikke folder sig sammen.

I 2011 blev der anvendt én type vækstmedie:

- 1) 1000 hampsække (100 liter) fyldt med 30-35 liter muslingeskaller (skalsække).

Medietypen blev ændret til sække i 2011, for at undgå den meget arbejdskrævende høst, som var nødvendig ved brug af vækstline. Skalsækkene var genbrugssække, der var købt igennem firmaet DACONET/Frydendahl. Erfaringen fra projektet viste, at genbrugssækkene hurtigt blev nedbrudt, og en del af sækkene tabte indholdet af muslingeskaller på anlægget i 2011. Man bør derfor bruge nye sække som er mere holdbare, hvis man vil sikre at sækkene er hele på udlægningstidspunktet.

Ud over problemet med de porøse sække fungerede metoden godt, idet sækkene kunne udlægges direkte på bunden og den tunge og tidskrævende høst ikke var nødvendig. Samtidigt er muslingerne med denne metode allerede fra starten fasthæftet på sækkene, hvilket gør dem mere beskyttet mod prædation og andre forstyrrelser.

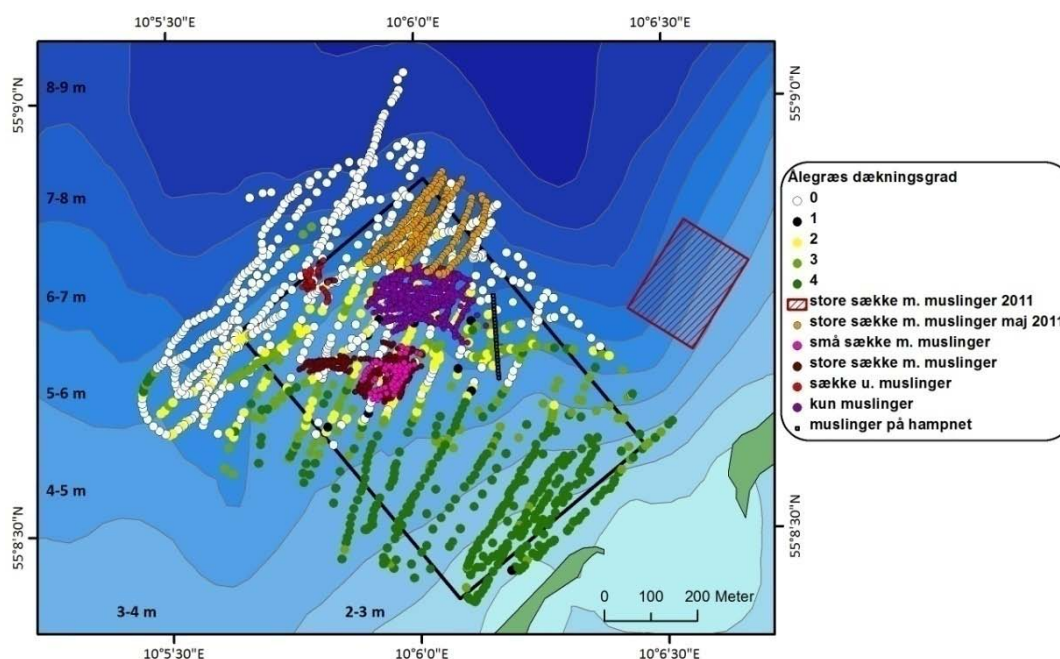
## 4.2 Høst og udlægning af muslingebankerne i 2010 og 2011

### 4.2.1 Høst af muslinger på anlægget

En decideret afhøst af muslingerne på linerne blev kun foretaget i 2010, da den produktions- og udlægningsmetode der blev anvendt i 2011 overflødiggjorde høst. Høst af trawlnettet i 2010 blev foretaget fra Nordshells specialbyggede høstfartøj. Fartøjets høstmaskine trak muslingerne af vækstlinen og muslingerne blev fordelt i fiskekasser med ca. 28 kg i hver kasse, svarende til den mængde der skulle bruges til hver muslingebanke (se beskrivelse i afsnit 4.2.2) (figur 5). Fiskekasserne blev transporteret til forsøgsområdet i to transportfartøjer, der konstant sejlede mellem muslingeopdrættet og forsøgsområdet for at sikre at både høst og udlægning af muslinger kunne foregå kontinuerligt. For detaljer om produktion og høst af linemuslinger se Christensen et al. (2008). Der blev høstet ca. 28 ton muslinger i 2010.

### 4.2.2 Udlægning af muslingebanker

Før udlægningen blev forsøgsområdet monitoreret for ålegræs for at sikre, at muslingebankerne ikke blev udlagt ovenpå ålegræs i området. Ålegræs er i sig selv et vigtigt habitat for fisk, og ålegræsbestandene er gået kraftigt tilbage i mange danske kystområder. Genskabelse af en type fiskehabitat (muslingebanker) bør derfor ikke ødelægge et andet vigtigt habitat (ålegræs). Muslingebankerne i området fandtes ikke naturligt mellem tæt ålegræs. Dette skyldes, at fødetilgangen til muslingerne mellem tæt ålegræs er begrænset, hvorved muslingerne fødebegrænses. Endvidere vil tætte forekomster af muslinger øge det organiske indhold i havbunden, hvilket gør det uegnet for ålegræs. Muslingerne blev udlagt i forsøgsområdet, hvor der ikke fandtes ålegræs eller kun få enkeltstående skud (figur 4).



Figur 4. Ålegræsets dækningsgrad og placering af de udlagte muslingebanker. Ålegræsets dækningsgrad i 2010 blev monitoreret i september af DTU Aqua inden udlægningen: 0 = ingen forekomst af ålegræs, 1 = døde skud, 2 = enkelte skud, 3 = klumper eller tyndt dække af ålegræs, 4 = tæt ålegræs. Muslingebankerne blev udlagt inden for forsøgsområdet (sort kasse) i november 2010 og uden for området i september 2011 (rød skraveret kasse). Fem forskellige typer af banker blev afprøvet i 2010: 1) muslinger i toppe, 2) muslinger på tre små skalsække, 3) muslinger på én stor skalsække, 4) muslinger på hampnet og 5) skalsække uden muslinger. I 2011 blev muslingeyngel opsamlet direkte på hampsække fyldt med muslingeskaller og sækkene med muslingeyngel blev udlagt inden for den røde firkant.



I 2010 blev muslingebankerne udlagt i toppe med en diameter på tre meter med 3-10 meters mellemrum, for at sikre en optimal fødetilførsel til muslingerne på hver enkel banke. Hver enkel banke bestod af ca. 28 kg høstede muslinger, som blev placeret oven på forskellige typer materiale for at skabe højde og kompleksitet på bankerne. De forskellige typer af materialer var: 1) muslinger i toppe, 2) muslinger på tre små skalsække (60 liter, 30 kg muslingeskaller), 3) muslinger på én stor skalsække (100 liter, 40 kg skaller), 4) muslinger på hampnet og 5) skalsække uden muslinger (figur 4).

Det er vigtigt, at sikre høj kompleksitet ved genoprettelse af fiskehabitater, idet høj kompleksitet skaber flere skjul og fødemuligheder for fisk og fiskeyngel (se eksempelvis Grabowski 2004, Grabowski et al. 2008).



**Figur 5. Høst og udlægning af muslingebankerne i 2010. A) høst af muslingerne fra linerne på produktionsanlægget nordvest for Illum Ø. B) udlægning af muslingebankerne gennem et rør. Røret blev sat på bunden, skalsække blev fyldt i først og muslinger derefter. Dernæst blev røret forsigtigt trukket op. Foto: Louise Kristensen**

Høst- og udlægningsmetoden i 2010 var meget tids- og arbejdskrævende og tog ca. 8-9 dage for i alt 5 både og 14 personer, dvs. 119 arbejdsdage i alt (figur 5). En mindre arbejdskrævende metode blev derfor afprøvet i 2011 (jf. afsnit 4.1.2). Her blev muslingeyngel opsamlet direkte på de sække, de skulle udlægges på. Høsten kunne herved undgås, og selve udlægningen foregik ved, at to både sejlede fra anlægget med en af de i alt syv langliner imellem sig. Under langlinen hang sække med de opsamlede muslinger påhæftet. I forsøgsområdet forankredes linen i den ene ende af området. I den anden ende blev linen trukket op af et spil og sækkene skåret af efterhånden som linen blev trukket ind. Sækkene på linerne (500 stk.) blev afskåret med ca. 7 meters mellemrum og sank derefter til bund. Denne metode viste sig at være meget effektiv, idet både høsten af muslingerne samt transporten mellem muslingeanlægget og forsøgsområdet blev reduceret til én arbejdsdag i 2011 for i alt 5 både og 11 personer, dvs. 11 arbejdsdage mod de 119 arbejdsdage for første metode i 2010. Metoden i 2011 var klart at foretrække, idet den var langt mindre tids- og arbejdskrævende. Desuden gav metoden sikkerhed for, at muslingerne var placeret ovenpå sækken, hvilket har betydning for muslingernes overlevelse og strukturen af det fiskehabitat, der genskabes. Rørmetoden i 2010 medførte ofte, at muslingerne faldt ved siden af skalsækkene, idet strøm og bølger besværliggjorde håndteringen af udlægningsrøret.

I 2011 blev der endvidere udlagt ca. 500 skalsække uden muslinger i forsøgsområdet (figur 4, maj 2011). Disse sække blev sat sammen tre og tre, for at forhindre drift af sækkene. Sækkene blev udlagt for at undersøge, om direkte udlægning af skalsække på havbunden var en anvendelig metode til at skabe muslingebanker i fjorden.

Der blev udlagt ca. 28 ton muslinger i 2010 og ca. 16 ton muslinger i 2011 (estimeret fra dækningsgraden af muslinger på sækkene). Sammenlagt for 2010 og 2011 blev der i alt genoprettet muslingebanker i Nørrefjord i et område svarende til ca. 17 fodboldbaner (121.000 m<sup>2</sup>).

## **5. Muslingerekruttering og vækst**

### **5.1 Metoder**

Prøver til bestemmelse af muslingerekruttingen og vækst blev indsamlet ved muslingeproduktionsanlægget månedligt fra juni til september og i december.

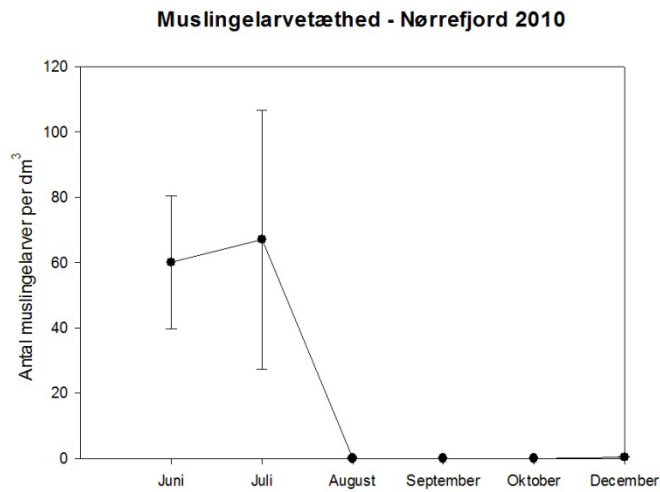
Prøver til bestemmelse af densiteten af muslingelarver i vandsøjlen blev indsamlet opstrøms, nedstrøms og midt i anlægget med plankton-net (60 µm) i et træk fra 2 meters dybde til overfladen. Prøven blev konserveret i Lugol i 200 ml brune glasflasker. Antallet af larver i prøverne blev optalt i laboratoriet og omregnet til antal larver pr. liter.

Muslingerekrutting og vækst på anlægget blev undersøgt ved udhængning af bændler på en forsøgslinje på muslingeanlægget. Muslingernes settling og vækst på bændlerne blev fulgt månedligt fra juni til september og i december. Hver måned blev en delprøve af bændlerne høstet (3 – 5 stk.) og muslingerne talt, målt og vejet (våd og tørvægt) i laboratoriet. Nye bændler blev hængt på forsøgslinen hver måned for at undersøge rekrutteringen fra måned til måned og eventuelle forskelle på væksten af muslinger rekrutteret i forskellige måneder. På baggrund af disse data blev væksten af muslingerne beregnet fra måned til måned.

Profiler ned gennem vandsøjlen af salinitet, temperatur, ilt, fluorescens og klorofyl blev indsamlet opstrøms, nedstrøms og midt i anlægget samtidigt med muslingeprøverne.

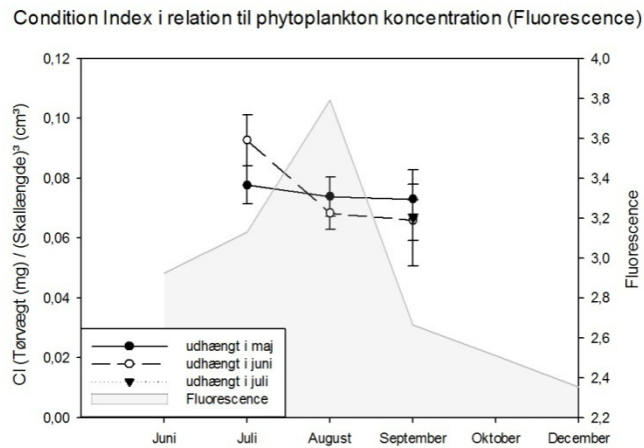
### **5.2 Resultater**

Undersøgelser foretaget fra juni til december i 2010 ved muslingeanlægget viste en høj forekomst af muslingelarver i de øverste 2 m af vandsøjlen mellem juni og juli (60-70 muslingelarver pr. liter). Den højeste forekomst af larver optræder ofte i maj måned, og larveforekomsten har derfor formodentligt været højere i maj, hvor anlægget blev etableret (den 24. maj 2010) (figur 6). Settling af larver blev observeret på bændler, som blev udhængt i henholdsvis maj, juni og juli.

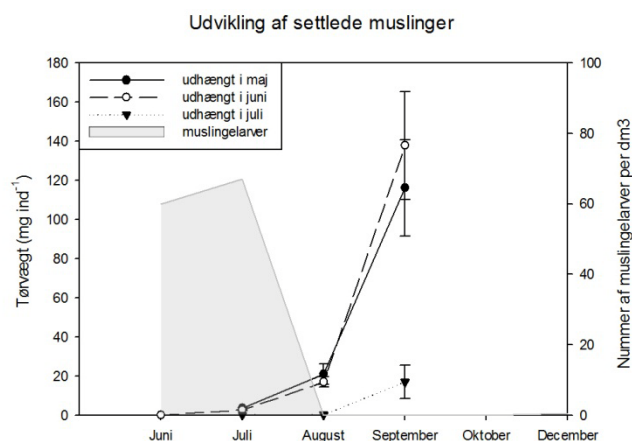


**Figur 6. Tætheden af muslingelarver i vandsøjlen fra juni til december 2010.**

Muslingernes totale vækstrate på anlægget var  $6 \% d^{-1}$  fra maj til september i 2010, svarende til en total produktion af muslingebiomasse på ca. 28 ton (maj – oktober). I 2011 blev der produceret ca. 16 ton på anlægget fra maj til september. Udviklingen af de settlede muslingers konditionsindeks og tørvægt i vækstperioden er vist i figur 7 og 8.



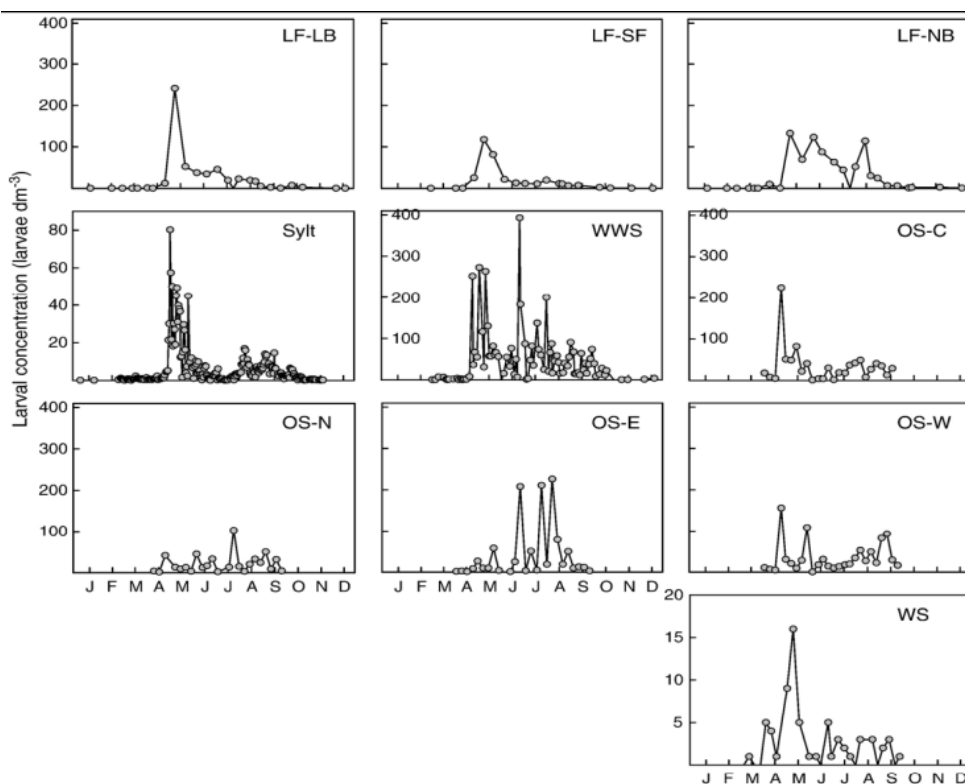
**Figur 7. Udviklingen af de settledes muslingers konditionsindeks.**



Figur 8. Udviklingen af de settledes muslingers tørvægt.

### 5.3 Diskussion

Larvekoncentrationen i Nørrefjord er sammenlignelig med koncentrationer observeret i andre kystområder (figur 9). Larvekoncentrationen i Nørrefjord sikrede en tæt settling af larver på forsøgsbændlerne (figur 10). Nørrefjord er derfor velegnet til muslingeproduktion på grundlag af fjordens egen produktion af muslingelarver i forår og sommer.



Figur 9. Muslingelarvekoncentration over året i andre kystområder. Limfjorden (LF), Sylt-Rømø bugt (Sylt), Vestlige Vadehav(WWS) og Delta område (OS and WS) i 2000 (Bos et al. 2006). Bemærk den forskellige skalering af y-aksen.



Figur 10. Et forsøgsbændel med tæt settling af små blåmuslinger (2-5 mm). Bændlet blev udhængt i maj og indsamlet i juli.

Klorofylkoncentrationen var  $> 4 \mu\text{g chl a l}^{-1}$  i muslingernes vækstperiode (maj – september) inden høsten i oktober i 2010. Clausen & Riisgård (1996) estimerede at en koncentration på  $4500 \text{ celler ml}^{-1}$  (svarende til  $5,6 \mu\text{g chl a l}^{-1}$ ) opretholder muslingers maksimale vækst. Ud fra den målte klorofylkoncentration og muslingernes placering på liner oppe i vandsøjlen forventes de settledede muslinger således ikke at have været fødebegrænset, hvilket også bekræftes af den høje specifikke vækstrate på  $6 \% \text{ d}^{-1}$ .

## 6. Udlægning af muslinger fra Nørrefjord sammenlignet med muslinger fra Lillebælt

### 6.1 Metode

De udlagte muslingers modstandskraft (i form af aggregerings- og fasthæftelsesevne) mod forstyrrelse, såsom prædation, blev undersøgt som funktion af substrat og tid, samt forskel i modstandskraften mellem muslinger opsamlet på langliner i vandsøjlen (linemuslinger fra Nørrefjord) og muslinger opsamlet fra naturlige banker på havbunden (bundmuslinger fra Lillebælt) ligeledes som funktion af substrat og tid. Forsøgsdesignet bestod af fire forskellige behandlinger etableret på eternitplader  $50 \times 50 \text{ cm}$ , med variablene substrat (sand vs. kompleks), tid (dage) og muslinger (line vs. bund).

Forsøget varede 30 dage, og aggregeringsdata blev indsamlet på forsøgets 0., 1. og 2. dag, idet der var for få muslinger tilbage på pladen efter 30 dage pga. tab til at disse data var anvendelige. Fasthæftelseskraft blev registreret på forsøgets 2. og 30. dag.

Aggregering er givet som koefficient af varians (CV) på muslingernes fordeling på forsøgspladen, og fasthæftelse er givet som den vægt (g), der skulle trækkes med for at løsgøre hver enkel musling fra substrat og andre muslinger.

## 6.2 Resultater

Resultaterne viste, at der var en signifikant interaktion mellem substrattypen og tid (Tre vejs ANOVA  $p < 0,001$ ) samt signifikant effekt af muslingetypen (Tre vejs ANOVA  $p = 0,001$ ). Post hoc analyser af interaktionerne viste, at muslinger var signifikant mere aggregeret på skalsubstrat ved starten af forsøget ( $d_0$ ) (Holm-Sidak method ukorrigeret  $p = 0,002$ ). På dag 1 og 2 i forsøget ændrede det sig, således at muslinger på sandet substrat var signifikant mere aggregeret end muslinger på skalsubstratet (Holm-Sidak method ukorrigeret  $p = 0,000$ ). Dette betyder, at muslingerne er mere beskyttet på det komplekse substrat.

Graden af aggregering på sandet substrat steg signifikant mellem prøvetagningerne (Holm-Sidak method første til anden ukorrigeret  $p = 0,000$ ; anden til tredje ukorrigeret  $p = 0,014$ ). På skalsubstratet steg graden af aggregering også, men forskellen var kun signifikant mellem første og sidste prøvetagning (Holm-Sidak method ukorrigeret  $p = 0,002$ ). Endvidere viste analyserne, at linemuslinger generelt var signifikant mere aggregeret end bundmuslinger.

Analyser viste, at substrattypen ( $p < 0,001$ ), tiden ( $p < 0,001$ ) og muslingetypen ( $p = 0,002$ ) alle havde en signifikant effekt på muslingernes fasthæftelse (Tre vejs ANOVA). Fasthæftelsen var signifikant stærkere på skalsubstratet sammenlignet med sandet substrat. Fasthæftelsen steg signifikant med tiden og var stærkere for linemuslinger end for bundmuslinger.

## 6.3 Diskussion

Forsøget med at udlægge muslinger på både sand- og skalsubstrat viste, at muslinger på det komplekse substrat ikke aggregerede lige så meget som muslinger på sandet substrat. Det indikerer, at muslingerne på det komplekse substrat er bedre beskyttet af selve substratet, og derfor ikke har samme behov for at aggregere for at opnå beskyttelse. Samtidigt bidrog det komplekse substrat til en bedre fasthæftelse af muslingerne, hvilket igen gør dem mere modstandsdygtige over for forstyrrelser. Resultaterne kan bekræftes af Frandsen & Dolmer (2002) der dokumenterer, at muslinger på komplekst substrat har signifikant lavere dødelighed end muslinger på sandet substrat.

Årsagen til den bedre fasthæftelse kan være, at det komplekse substrat er mindre dynamisk end det sandede substrat. På det komplekse substrat kan muslingerne fasthæfte sig til døde skaller, mens de på sandet substrat blandt andet fasthæfter sig til levende artsfæller, der er i bevægelse. Tilstedeværelsen af skaller gør, at muslingerne umiddelbart efter udlægning opnår en struktur der stabiliserer banken, i modsætning til når muslingerne udlægges på sandet substrat, hvor de ikke opnår den samme stabilitet før de har aggregeret.

Prædation blev ikke undersøgt i dette forsøg, men jf. ovenstående resultater forventes det, at muslinger der bliver udlagt på eller iblandet substrat såsom skaller, vil være bedre beskyttet mod forstyrrelser og prædation.

Sammenligningen af muslinger opsamlet fra langliner og muslinger opsamlet fra havbunden viste, at linemuslingerne umiddelbart var bedre til både at aggregere og fasthæfte sig, uafhængigt af substratet. Christensen et al. (2012) bekræfter, at linemuslinger og bundmuslinger har forskellige strategier overfor prædatorer. Linemuslinger udviser en aktiv strategi med stærkere fasthæftelse og øget aggregeringsaktivitet, mens bundmuslinger er mere passivt beskyttet med tykkere skal og større

lukkemuskel. Endvidere viste nærværende forsøg, at forskellen mellem de to typer af muslinger bliver udlignet med tiden.

Samlet set er linemuslinger således et godt alternativ til bundmuslinger som udlægningsmateriale ved habitatrestaurering, hvilket også bekræftes af både danske og hollandske undersøgelser (Christensen et al. 2012, Kamermans et al. 2009). Det vurderes derfor, at det er muligt at opsamle muslinger til genudlægning lokalt.

## **7. Effektundersøgelser**

Effekten af de udlagte muslingebanker på vigtige parametre, habitater og organismegrupper blev undersøgt i forsøgsområdet og et kontrolområde i Nørrefjord (figur 2). Den biologiske undersøgelse af tilstanden før udlægningen blev foretaget i september/oktober 2010 og undersøgelsen af tilstanden efter udlægningen af muslingebanker blev foretaget i september/oktober 2011. Effektundersøgelsen koncentrerer sig om følgende nøgleparametre, -grupper og -arter: Fisk, sigtdybde, ålegræs og bunddyr.

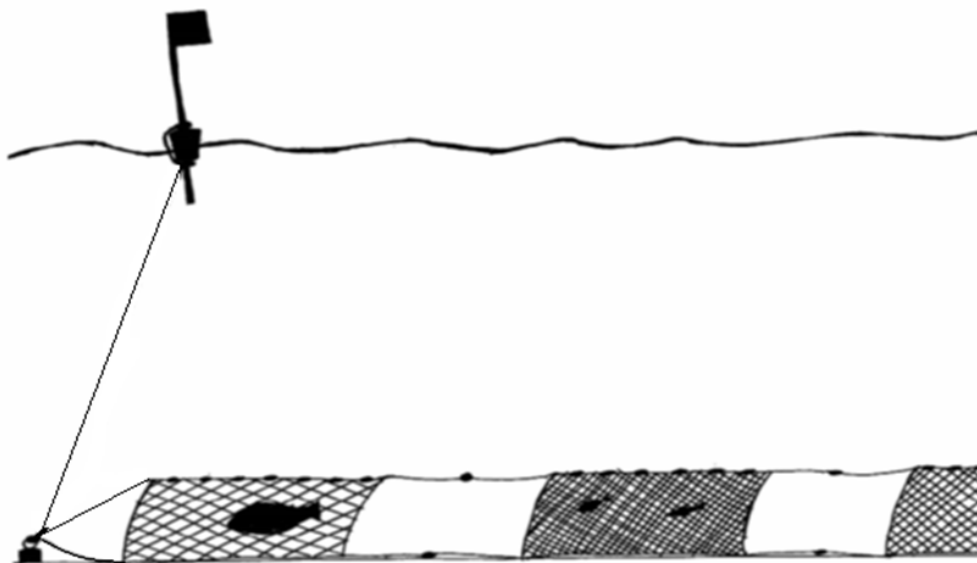
### **7.1 Fisk – områdeeffekt**

Strukturer på havbunden har en stor tiltrækningskraft på mange fiskearter. Fiskene bruger strukturerne til fødesøgning, skjul for prædatorer og undgå fysisk stres og konkurrence (f.eks. Heck & Wetstone 1977, Dean & Connel 1987, Stoner 2009). De udlagte muslingebanker forventes derfor at tiltrække flere fisk til området i form af en større artsrigdom, flere individer af hver art samt flere individer totalt set.

#### **7.1.1 Metode**

For at undersøge effekten af muslingeudlægningen på fisk i Nørrefjord, blev der fisket på ni stationer i henholdsvis kontrol- og forsøgsområdet (figur 20 A-C). For at dække alle dybdeområder og eventuelle påvirkninger heraf var der tre stationer på hver af dybderne 0-2 m, 2-4 m og 4-6 m.

Fiskeriet skete med kyst- og fjordgarn, KFG (figur 11) (Eigård et al. 2000), som bestod af garn med maskestørrelserne: 6,5 mm, 8,5 mm, 11 mm, 15 mm, 18,5 mm, 25 mm, 30 mm, 40 mm, 55 mm, 65 mm, 70 mm, 90 mm og 110 mm sat i tilfældig rækkefølge og med op til 1 m afstand mellem de enkelte garn. Hver maskestørrelse er specialiseret til at fange fisk af en bestemt størrelse, og dermed sikrede man at fange fisk i alle størrelser.



Figur 11. Kyst- og fjordgarn. Tegning af Eva Hemmersam modificeret af Kamilla Hansen.

For at få årstidsvariationen med i analysen, blev garnene sat en gang om måneden fra forår (maj) til efterår (oktober). Det var ikke muligt at sætte alle 18 garn samme dag, derfor blev der fisket i kontrolområdet den ene dag og i forsøgsområdet den næste. Garnene blev sat sen eftermiddag og røgtet tidligt den efterfølgende morgen. Forholdene for fiskeriet var altid de samme, derfor er det muligt at sammenligne fangsterne. Der blev hver måned målt temperatur og salinitet på alle fiskestationerne.

Effekterne af udlægningen på fiskesamfundet blev undersøgt i statistiske test (GLM). Der blev anvendt et såkaldt kontrol-forsøg  $\times$  før-efter design (Smith et al. 1993). Designet tillader, at man specifikt kan undersøge effekten af udlægningen (krydseffekten af udviklingen i kontrol-/forsøgsområdet før og efter udlægningen). Fangsterne fulgte en negativ binomialfordeling, og data blev analyseret for effekterne før og efter udlægningen, kontrol-/forsøgsområdet og den ovennævnte krydsede effekt. Endvidere blev det undersøgt, om de tre dybdeintervaller havde nogen indflydelse på fangsten.

### 7.1.2 Resultater

Tre arter skilte sig markant ud både mht. individantal og signal, det drejer sig om sortkutling, hundestejle og torsk. Disse arter vil derfor blive behandlet enkeltvis, mens fladfisk er slået sammen til en funktionel gruppe. De andre arter forekom i små mængder og havde ingen overordnet betydning, de er derfor udeladt af de statistiske tests.

#### **Overordnet**

I oparbejdning af fangsterne blev der ikke skelnet mellem sild/brisling, sand-/lerkutling og havørred/laks. Med disse forbehold blev der totalt fanget 23 forskellige arter i Nørrefjord. Det var dog ikke alle arter, der blev fanget i begge områder i begge år. F.eks. blev der kun fanget grå knurhane og alm. tangnål i forsøgsområdet i 2010, mens hvilling kun blev fanget i kontrolområdet i 2010. Panserulk blev kun fanget i forsøgsområdet i 2011 (se Appendiks 1 for flere detaljer).

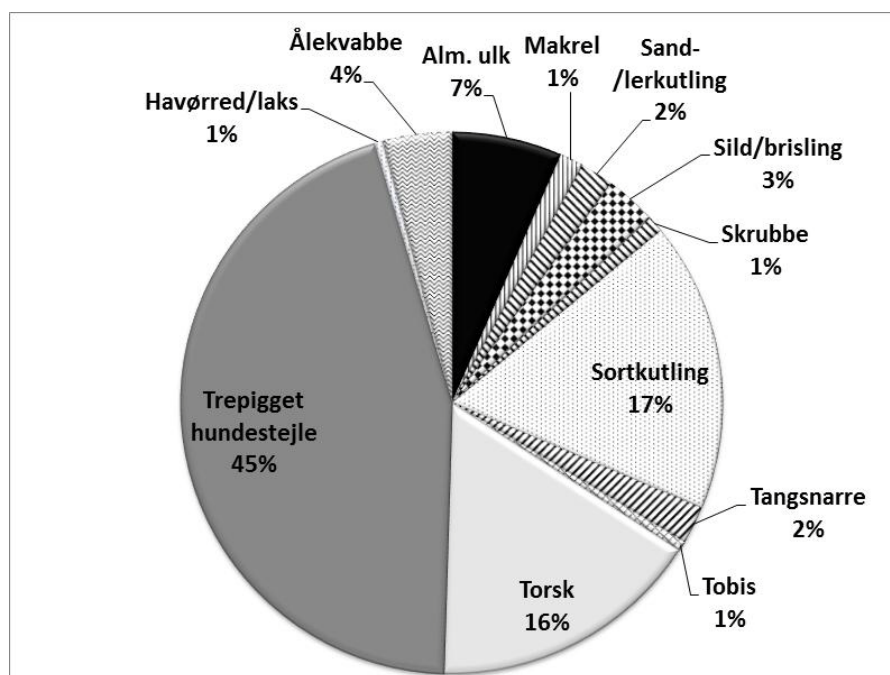


Det samlede antal fisk fanget i kontrol- og forsøgsområdet inden muslingeudlægningen lå på hhv. 673 og 668 individer. I 2011 steg fangsten til 899 i kontrolområdet og 1136 i forsøgsområdet.

Fangsterne i de tre dybdeområder 0-2 m, 2-4 m og 4-6 m viste generelt stor forskel i antal og artssammensætning i forhold til de forskellige dybder. Det var dog kun for trepigget hundestejle, at der var en signifikant effekt af dybden (GLM,  $P < 0,001$ ). Der var ikke noget entydigt signal for de andre arter. Nedenstående gennemgang af forekomsten af udvalgte nøglearter og -grupper er derfor kun udført på samme dybde som muslingeudlægningen, dvs. 4-6 m.

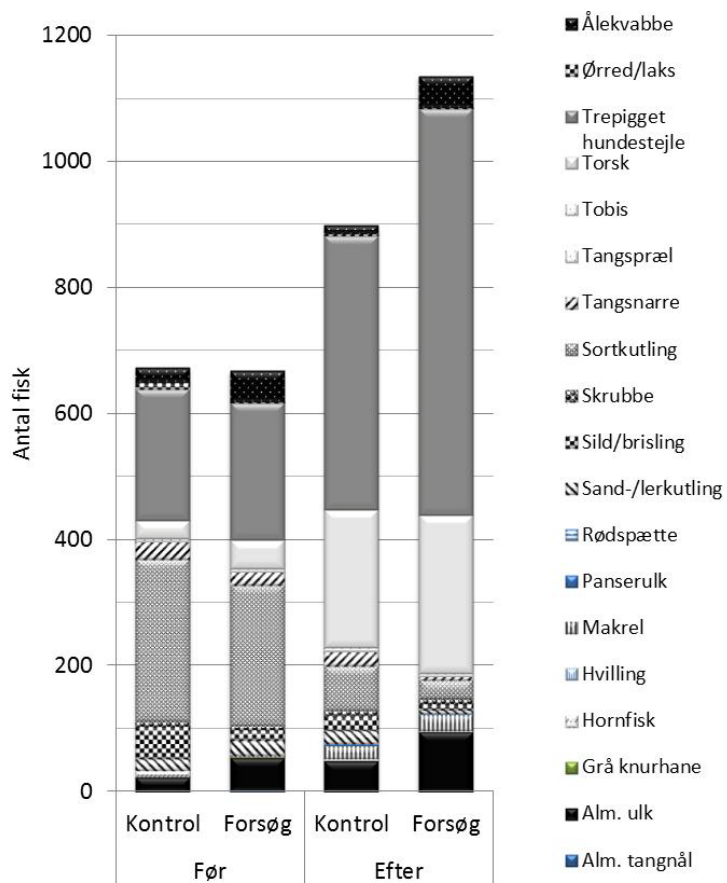
### ***Trepigget hundestejle***

Trepigget hundestejle er i antal den mest dominerende art og udgjorde 45 % af fiskefaunaen (figur 12).



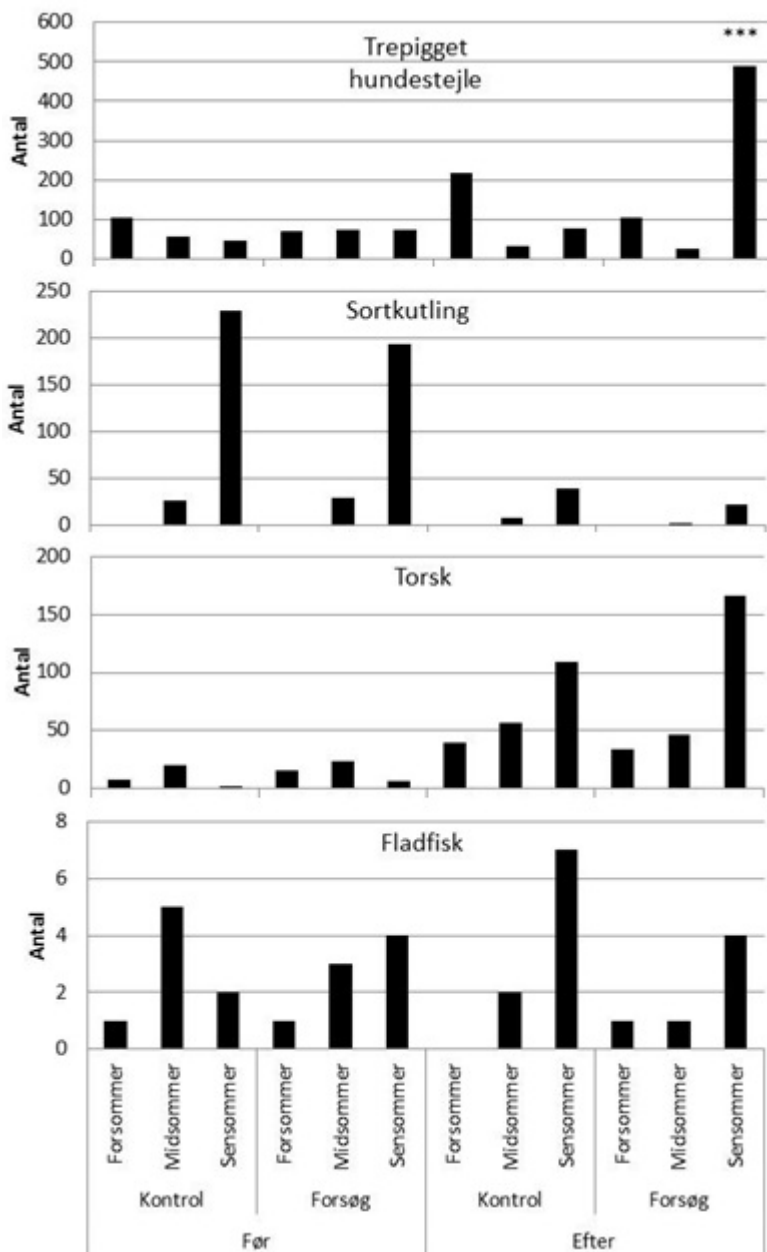
Figur 12. Oversigt over totale fangster fordelt på arter. Fangsterne af rødspætte, tangspræl, panserulk, grå knurhane, hornfisk, hvilling og alm. tangnål udgør hver især under 1 % af den samlede fangst og disse arter er derfor ikke vist på figuren.

Overordnet steg antallet af trepigget hundestejle fra ca. 200 individer pr. område i 2010 til det dobbelte i kontrolområdet og det tredobbelte i forsøgsområdet i 2011 (figur 13).



**Figur 13. Totale fangster før og efter muslingeudlægningen i kontrol- og forsøgsområdet. Bemærk fremgangen for trepigget hundestejle og torsk samt nedgangen for sortkutling.**

Der var dog stor forskel på forekomsten af hundestejler i løbet af sæsonen (figur 14). Specielt i sensommeren var der store forekomster af hundestejler.



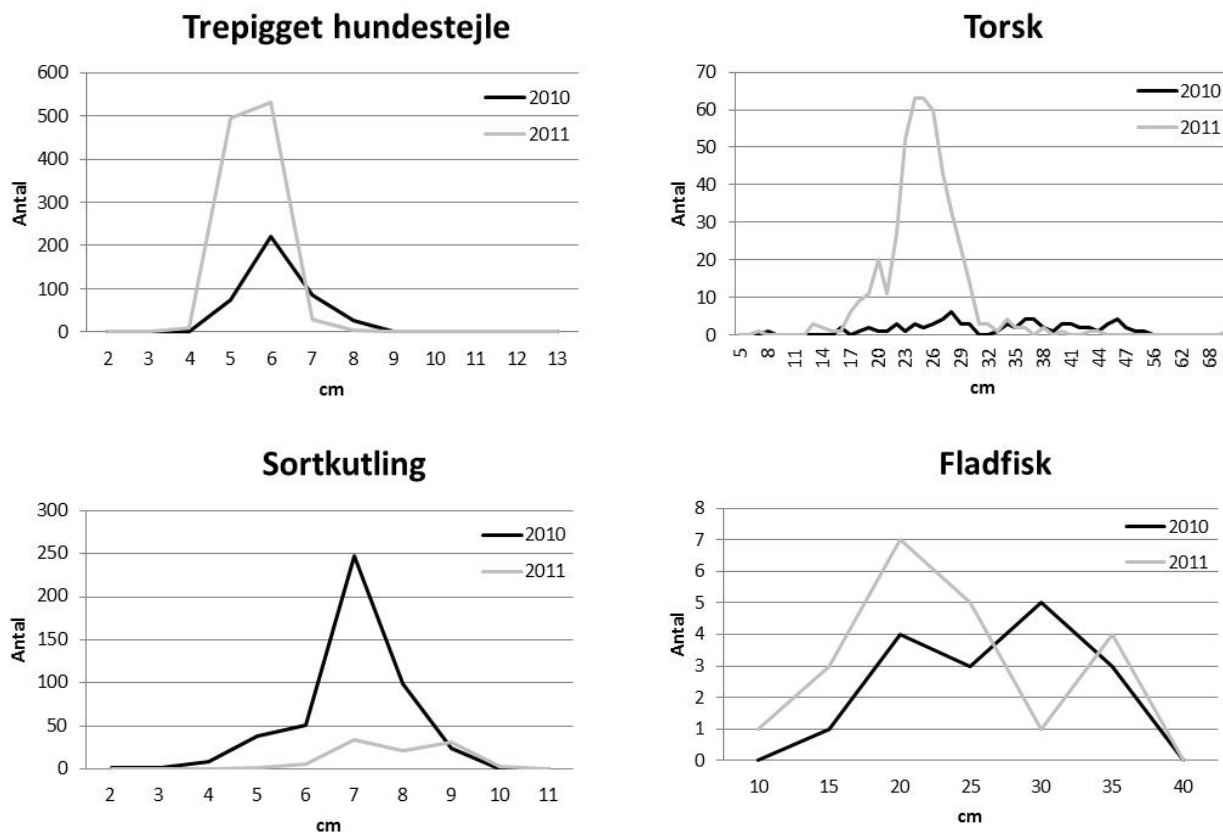
Figur 14. Fangster før og efter muslingeudlægningen i kontrol- og forsøgsområdet i de tre sæsoner (\*\*\*) =  $P < 0,001$ .

Analysen af muslingebankernes effekt viste, at der var en signifikant effekt i sensommeren, men ikke i de øvrige perioder (tabel 1).

Tabel 1. P-værdier for krydseffekten af før+efter og kontrol+forsøg.

	Trepigget hundestejle	Sortkutling	Torsk	Fladfisk
Forsommer	0,5	1	0,096	0,738
Midsommer	0,05	0,52	0,81	0,17
Sensommer	+ 0,0002	0,17	0,17	0,31

Størrelsesfordeling af trepigget hundestejle var ens i kontrol- og forsøgsområdet (ANOVA,  $p=0,26$ ), mens der var forskel mellem årene (ANOVA,  $p<0,001$ ) (figur 15). I 2010 var middellængden 6 cm (SD=1,0) mod 5,3 cm (SD=2,1) i 2011.



Figur 15. Længdefordeling (total længde) af dominerede arter før (2010) og efter (2011) etablering af muslingebanker.

### Sortkutling

Sortkutlingen udgjorde i antal 17 % af den samlede fiskefauna (figur 12). Forekomsten af sortkutlinger er faldet fra fangster på over 200 individer pr. område inden muslingeudlægningen til omkring 50 pr. område i 2011 (figur 13). Der er dog stor forskel i forekomst af sortkutlinger over sæsonen med en klar dominans i sensommeren (figur 14). Den omtalte nedgang i antal af sortkutlinger fra før til efter udlægningen af muslinger sker i alle tre sæsoner og analysen af muslingebankernes effekt kunne således ikke påvise nogen overordnet effekt på sortkutlingerne som følge af udlægningen (tabel 1). Størrelsesfordelingen af sortkutlinger var ens i kontrol- og forsøgsområdet (ANOVA,  $p=0,08$ ), mens der var en forskel mellem årene (ANOVA,  $p<0,001$ ) (figur 15). I 2010 var middellængden 6,8 cm (SD=1,8) mod 7,6 (SD=1,9) cm i 2011.

### Torsk

Torsk udgjorde i antal 16 % af den samlede fiskefauna (figur 12). Fangsten af torsk er steget i antal fra under 50 torsk pr. område inden muslingeudlægningen til det firedobbelte i kontrolområdet og det femdobbelte i forsøgsområdet i 2011 (figur 13). Der var generelt stor variation i fangsten af torsk over sæsonen. I 2010 var der ingen tendens i fangsterne, men i 2011 steg fangsterne henover sæsonen i begge

områder (figur 14). Analysen af effekten af muslingeudlægningen kunne ikke påvise nogen direkte effekt på forekomsten af torsk (tabel 1).

Størrelsesfordelingen af torsk var ens i kontrol- og forsøgsområdet (ANOVA,  $p=0,52$ ), mens der var en forskel mellem årene (ANOVA,  $p<0,001$ ) (figur 15). I 2010 var torskene jævnt fordelt mellem 8 og 56 cm med en middellængde på 32,7 cm (SD=17,2), mens der i 2011 var en tydelig dominans af torsk i størrelsesintervallet 17 til 30 cm med en middellængde på 28,8 cm (SD=5,3).

### ***Fladfisk***

Skrubber og rødspætter udgjorde i antal kun 2 % af fiskefaunen (figur 12). Fangsten af fladfisk viste ingen overordnet forskel mellem år eller områder (figur 13). Der blev dog observeret en tendens til stigende fangster henover sæsonen i begge områder og år (figur 14). Analysen af effekten af muslingeudlægningen på forekomsten af fladfisk viste ingen signifikant påvirkning (tabel 1).

Størrelsesfordelingen af fladfisk var ens i kontrol- og forsøgsområdet (ANOVA,  $p=0,71$ ) og mellem årene (ANOVA,  $p=0,14$ ) (figur 15). Begge år blev der fanget fladfisk mellem 10 og 40 cm med en middellængde på 26,5 cm (SD 2010= 11,9; SD 2011= 15,2).

## **7.1.3 Diskussion**

### ***Overordnet***

Det er primært de mest almindelige danske kystnære arter såsom torsk, skrubbe, ålekvabbe, hornfisk, sild, makrel, hundestejle og kutlinger, der er fanget i Nørrefjord. Der er ikke kommet nye arter til området som følge af muslingeudlægningen, men det er heller ikke forventeligt på en så kort tidsperiode. Hvis nye arter skal nå at etablere sig, skal før- og efterundersøgelserne spænde over en tidsperiode, som er længere end en livscyklus for de pågældende arter eller de skal have mulighed for at indvandre fra andre områder.

I det følgende vil det blive diskuteret, hvad årsagen til de ovenfor nævnte resultater kan være. Kan der være en sammenhæng mellem den ene arts fald og en andens stigning? Det vil også blive diskuteret om størrelsesfordelingen af arterne i Nørrefjord kan sige noget om fiskepopulationerne i området.

### ***Trepigget hundestejle***

Den øgede forekomst af trepigget hundestejle i specielt sensommeren, som direkte kunne kobles til muslingeudlægningen var interessant, idet hundestejlerne ser ud til at nyde godt af de nye levesteder som muslingebankerne tilbyder. Hunnen gyder op til 15 gange i løbet af den to måneder lange gydeperiode, så ægproduktionen, og potentielt også rekrutteringen, er meget stor. Æggene lægges i en rede, som hannen bygger af plantedele. Hannen står for yngelplejen og beskytter æg og yngel mod andre fisk. En uge efter klækning spredes ynglen i vegetationen, hvor de lever af smådyr (Nørrevang og Lundø 1979). Den øgede forekomst af trepigget hundestejle i forsøgsområdet kan formentlig tilskrives lokal rekruttering af yngel, hvilket delvist bekræftes af forskellen i størrelsesfordeling mellem 2010 med en top omkring 6-7 cm (estimeret til 2-årige) og 2011 med en top omkring 5-6 cm (estimeret til 1-årige) (Patimar et al. 2010). Hundestejlen har en tendens til at variere meget i bestandsstørrelsen fra år til år. Det er i forbindelse med andre undersøgelser blevet bemærket, at antallet af trepigget hundestejle og sortkutling svinger modsat hinanden. Det ene år er sortkutlingen dominerende, mens hundestejlen er knap så talrig, og det næste år kan det være lige modsat (Hoffmann 2000).

Hundestejler er en vigtig fødekilde for rovfisk, og er i andre undersøgelser blevet observeret i maveindholdet hos både ål, ålekvabbe, skrubbe m.fl. (Nørrevang & Lundø 1979). Hundestejlens udformning med kraftige pigge i bug- og rygfinne gør dog, at andre småfisk såsom kutlinger mv. foretrækkes som fødekilde (Almqvist et al. 2010). Dette er bekræftet af undersøgelser af torsks fødevalg i Nørrefjord, hvor kutlinger foretrækkes frem for hundestejler (Stenberg, upublicerede resultater).

### **Sortkutling**

Det store fald i forekomsten af sortkutlinger i forsøgs- og kontrolområdet, som den statistiske analyse viste ikke skyldes muslingeudlægningen, kan enten være forårsaget af svigtende rekruttering eller øget dødelighed. Hunnen gyder mellem 1.000-6.000 æg på makroalger, sten og pæle i løbet af en sæson, så der er potentiale for en stor rekruttering hvert år. Men som hos hundestejlen, har populationen af sortkutlinger en tendens til at variere meget fra år til år. Det modsatte signal observeret hos hundestejlerne kan tyde på en intern konkurrence mellem trepigget hundestejle og sortkutling (Hoffmann 2000) eller en øget prædation fra rovfisk på sortkutling. Som nævnt ovenfor har rovfisk en generel præference for at æde kutlinger frem for hundestejler. Det store indslag af torsk i 2011 må have øget dødeligheden på sortkutlinger betragteligt. En forklaring på faldet af sortkutling fra 2010 til 2011 kan derfor være torskenes fouragering.

### **Torsk**

På trods af, at torsken kun udgør 16 % af den totale fangst i antal, er det den art, der dominerer i forhold til biomasse. Torsken i Nørrefjord tilhører bestanden 'Vestlig Østersø', som primært gyder vest for Bornholm (ICES 2012). Den voldsomme stigning i torsk med en faktor på 4-5 må derfor tilskrives en god rekruttering af torsk, som kommer ind i fjorden og bruger den som opvækstområde. Der er ikke noget klart billede af torskeårgangene i fiskene fanget i Nørrefjord i 2010, men en lille top omkring 5-8 cm kan anes. Dette er 0-årige torsk. Denne årgang er formodentlig den lille top i 2011 omkring 18-21, der nu er blevet til 1-årige torsk. I 2011 ses også en markant top ved 23-29 cm, som er 2-årige torsk (Nørrevang & Lundø 1979). Selv om denne årgang ikke var tydelig i 2010, har andre undersøgelser i Nørrefjord kunnet følge denne årgang tilbage til 2009 (Louise Kristensen, upublicerede resultater). Omkring 2- til 3-års alderen trækker torsken ud på dybere vand, og er derfor ikke blevet fanget i nærværende undersøgelse.

Torsken fouragerer på småfisk i området, og undersøgelser af torskens føde i Nørrefjord har vist, at kutlinger er et af de foretrukne fødeemner (Claus Stenberg, upublicerede resultater). Torskens daglige fourageringsområde er efter al sandsynlighed større end forsøgsområdet, og det derfor er vanskeligt, at påvise en direkte effekt af muslingeudlægningen på torsken.

### **Fladfisk**

Selv om fladfiskene i antal ikke udgjorde en stor procentdel af de samlede fangster, så har de stor betydning for det rekreative fiskeri i Nørrefjord. Fladfiskene forekommer i større mængder på visse sandbundsområder, men i denne undersøgelse er fangsten af fladfisk relativt beskedent, hvorfor det er svært at konkludere noget entydigt. De konstante fangster mellem de forskellige år og områder samt de ens størrelsesfordelinger tyder dog på, at Nørrefjord har en stabil bestand.

#### **7.1.4 Perspektivering**

De biologiske oversigtsgarn anvendt i undersøgelsen er ca. 120 meter, mens muslingebankerne blot målte ca. 1×0,5 meter med 8-9 meter imellem hver banke. Den forskellige skalering af undersøgelsesmetode og

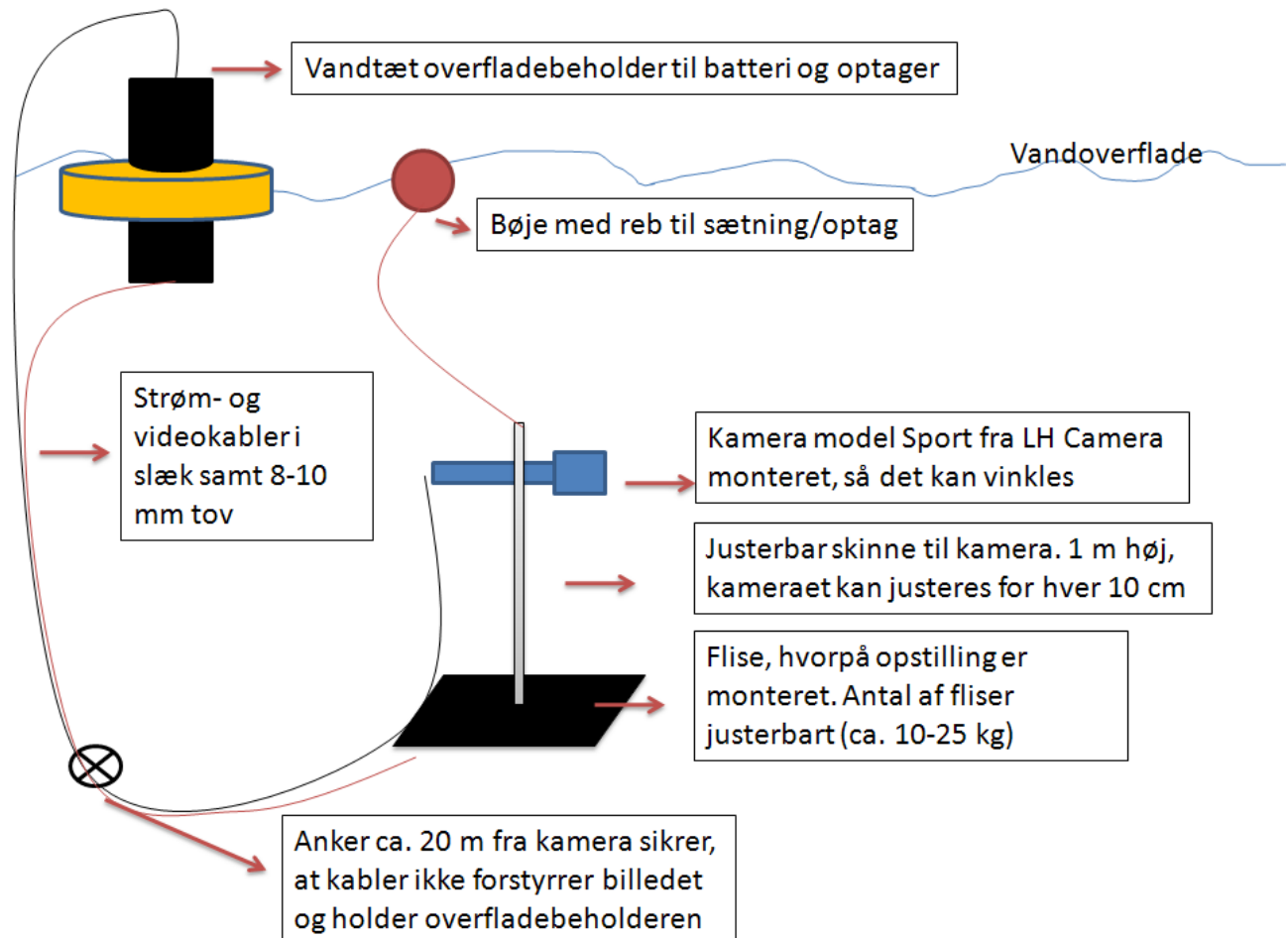
de strukturer, som ønskes undersøgt, gør det vanskeligt at påvise en direkte effekt af muslingudlægningen. Endvidere er undersøgelsen sket året efter udlægningen. Man må forvente, at den biologiske udvikling på de udlagte strukturer sker over flere år, hvorfor eventuelle effekter må forventes at øges de kommende år.

## 7.2 Fisk – småskala effekt

Traditionelle fiskeribiologiske metoder som KFG oversigtgarn (beskrevet i afsnit 7.1.1) og andre metoder indsamler fisk over et større areal pga. redskabernes størrelse (eksempelvis garnets længde) eller den afstand, de bliver trukket over (eksempelvis trawl). Det er observeret, at strukturer som rev, vag og lignende bliver brugt af fisk til fødesøgning og skjul for prædatorer (f.eks. Heck & Wetstone 1977; Dean & Connel 1987, Stoner 2009). For at supplere de nævnte fiskeundersøgelser med garn, blev der derfor gennemført specifikke undersøgelser af fiskenes småskalafordeling på udvalgte områder i forsøgs- og kontrolområdet i sensommeren, hvor garnundersøgelserne viste størst forekomst af fisk.

### 7.2.1 Metode

Der blev udført videoundersøgelser i forsøgs- og kontrolområdet i månederne august og september 2011. Opstillingen er skitseret i figur 16.



Figur 16. Skitse af opsætning af stationær kameraopstilling (StatCam).

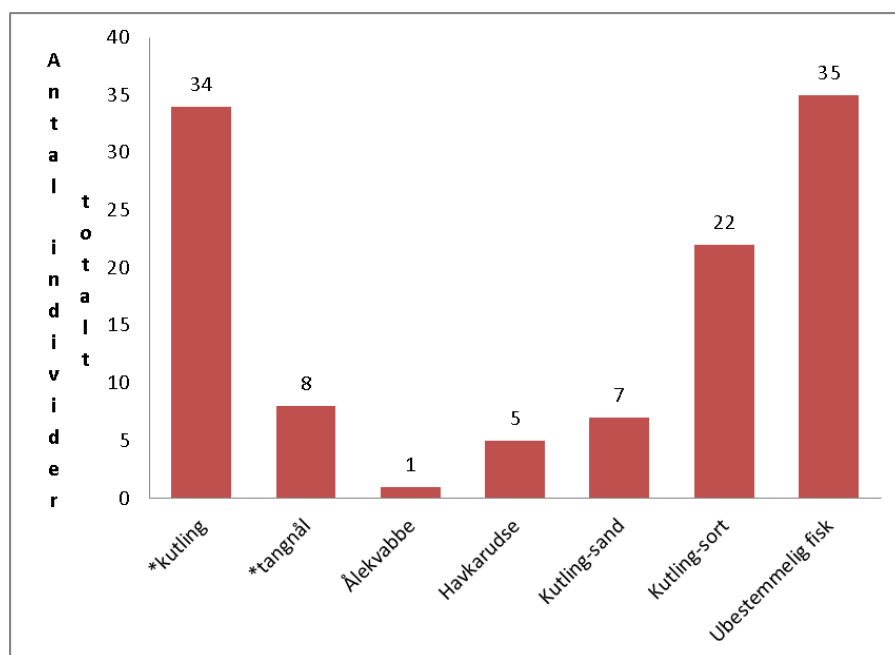
To kameraer blev opstillet på 4-5 meters dybde. I forsøgsområdet blev et kamera opstillet umiddelbart foran nogle af de udlagte sække med muslinger. Efterfølgende blev videoen analyseret for observationer af fisk.

For hver times optagelse blev 10 minutters video gennemgået, og fiskeforekomsterne blev noteret hvert andet minut. De første 30 minutters optagelse efter at kameraet var blevet placeret, blev ikke anvendt, for at undgå eventuelle lokale forstyrrelser som placeringen måtte have forårsaget.

Antallet af fisk pr. videosekvens fulgte en negativ binomialfordeling, og data blev derfor analyseret for effekt af område, måned og tidspunkt på døgnet i en negativ binomialfordelingsmodel.

### 7.2.2 Resultater

Totalt blev der observeret 112 fisk fordelt på syv taksonomiske grupper (figur 17). Kutlinger var den hyppigst forekommende gruppe. Derudover blev der observeret havkarudse, tangnål og ålekvabbe. Relativt mange fisk kunne ikke bestemmes til art eller gruppe pga. dårlig billedkvalitet, men de var alle relativt små fisk under 15 cm og sandsynligvis tilhørende kutlingegruppen.



Figur 17. Total antal observationer fordelt på arter. \* angiver at bestemmelse til art ikke var mulig.

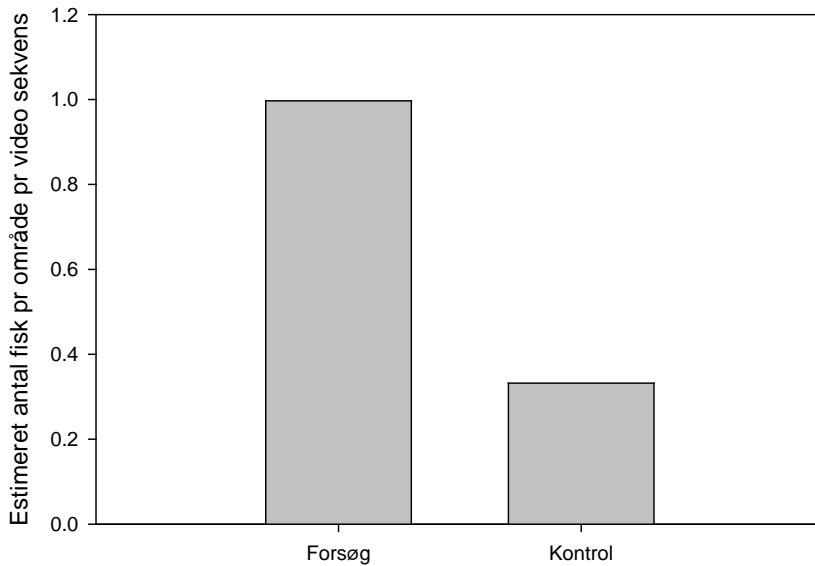
Udenfor de analyserede 5×2 minutters sekvenser pr. time, blev der ved flere lejligheder observeret torsk i forsøgsområdet. Ingen torsk blev observeret i kontrolområdet.

Alle fisk i analyserne blev vurderet til at være under 20 cm, med et flertal i størrelsesintervallet 5-10 cm totallængde.

Analysen af effekt af område, måned og tidspunkt på døgnet kunne pga. det relativt beskedne antal fisk pr. art, ikke blive udført på artsniveau. I stedet blev analysen udført for det totale antal fisk. Analysen viste, at der var en signifikant effekt af område (forsøg/kontrol) (logistisk regression,  $p < 0,0001$ ) og tidspunkt på dagen (logistisk regression,  $p < 0,0001$ ) men ikke af måned (august og september) ( $p=82$ ). Gennemsnitligt

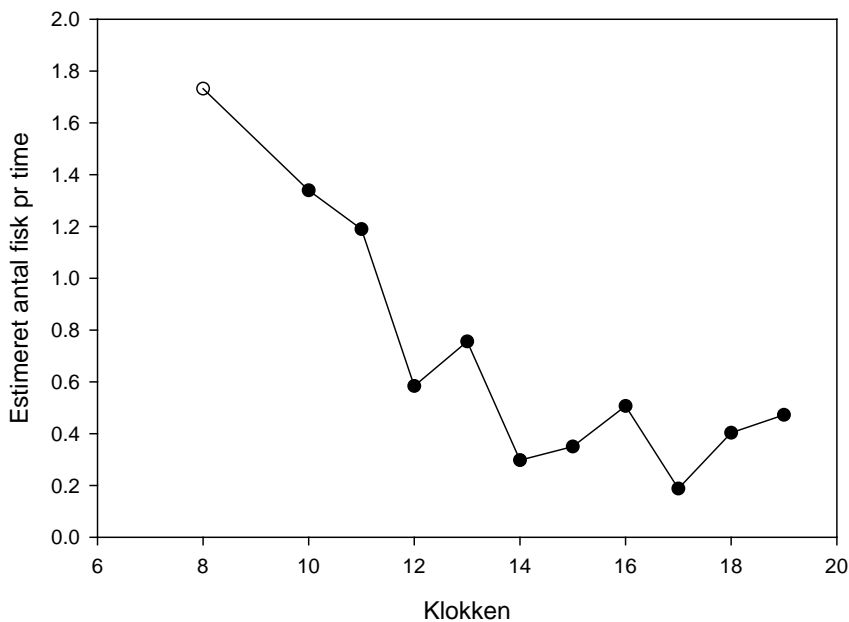


blev der observeret tre gange så mange fisk pr. videosekvens i forsøgsområdet sammenlignet med kontrolområdet (figur 18).



Figur 18. Estimeret antal fisk pr. område pr. videosekvens.

Antallet af fisk var størst først på dagen, men aftog derefter. Hen imod aften steg antallet af fisk igen svagt (figur 19).



Figur 19. Estimeret antal fisk pr. time.

### 7.2.3 Diskussion

Den markante forskel med tre gange så mange observationer af fisk i og omkring muslingudlægningerne i forsøgsområdet i forhold til kontrolområdet bekræftede, at muslingudlægningen havde en positiv effekt på fiskefaunen. Der var en dominans af småfisk og især kutlinger. Andre studier af småskalafordeling af fisk omkring strukturer har vist, at specielt kutlinger optræder i signifikant større mængder ganske få meter fra strukturer som stenrev og vindmøllefundamenter (Andersson & Öhman 2010, Hansen 2012, Wilhelmsson, Malm & Öhman 2006, Wilhelmsson, Yahyaog & Öhman 2006).

Resultaterne fra denne undersøgelse viste, at tidspunkt på dagen, hvor man foretager observationer af fisk har stor betydning for udfaldet af en undersøgelse og bør indgå i metoden i fremtidige undersøgelser.

I foregående afsnit blev den generelle fiskefauna beskrevet ud fra de gennemførte undersøgelser med KFG oversigtsgarn. Disse undersøgelser viste en positiv effekt af de udlagte muslingestrukturer på hundestejler i sensommeren, men var i øvrigt ikke i stand til at påvise nogen effekt for andre arter, herunder kutlinger. Den primære årsag til denne forskel mellem garn og video er den rumlige skala, fiskene er indsamlet over. Garnene fanger fisk over en strækning på omkring 120 m, mens video indsamler informationen om fiskene inden for ganske få meter (0-5 m) (se i øvrigt perspektivering i afsnit 7.1.4). Disse resultater viser, at småfiskenes fordeling må være meget knyttet til de udlagte muslingestrukturer, mens områderne mellem strukturerne tilsyneladende ikke indeholder større mængder af småfisk end i kontrolområdet.

Kutlinger er kendt som et vigtigt bytte for større rovfisk som torsk og havørred (Almqvist, Strandmark & Appelberg 2010, Fjoesne & Gjoesaeter 1996, Wennhage & Pihl 2002). Tilstedeværelsen af kutlinger omkring de udlagte muslinger må derfor formodes at tiltrække rovfisk. Der blev observeret torsk omkring de udlagte muslinger ved flere lejligheder, men de blev kun set udenfor 10-minutters sekvenserne og er derfor ikke med i analysen.

Vidasekvenserne viste, at fiskene søgte skjul mellem de udlagte sække og i skallerne. Det var vanskeligt, at vurdere i hvilket omfang fiskene brugte området til fødesøgning. Mange fisk var tilsyneladende meget knyttet til strukturerne og blev observeret kredsende omkring dem ud over 10-minutters sekvenserne. Et centralt emne i andre undersøgelser af kunstige rev har været, hvorvidt udlagte strukturer blot omfordeler fiskene fra tilstødende områder eller om den øgede tæthed af fisk reelt er et udtryk for en større produktion (Brickhill, Lee & Connolly 2005, dos Santos, Brotto & Zalmon 2010). Nærværende undersøgelse er gennemført et år efter udlægningen. Til trods for kutlinger og andre småfisks relativ korte reproduktionsperiode (1-2 år), kan det ikke forventes, at det fulde potentiale for en eventuel større lokalproduktion af fisk er indfriet.

## 7.3 Sigtdybde

Udlægningen af muslingebanker i fjordområder kan mindske planteplanktonet mængden, idet muslingerne filtrerer vandet for planteplankton. . Et voksent individ kan filtrere mere end 10 liter vand i timen (Fx Hansen et al. 2011). Når planteplankton mængden mindskes øges sigtdybden.

### 7.3.1 Metode

Muslingebankernes effekt på sigtdybden i forsøgsområdet blev undersøgt i 2011 fra maj til september. Sigtdybde, temperatur og iltkoncentrationen i forsøgs- og kontrolområdet blev målt 1-5 gange pr måned.

Sigtdybden blev målt på 13 stationer fordelt i forskellige dybdeintervaller i forsøgs- og kontrolområdet samt over de 2 største muslingeudlægninger (tabel 2, figur 20).

### 7.3.2 Resultater

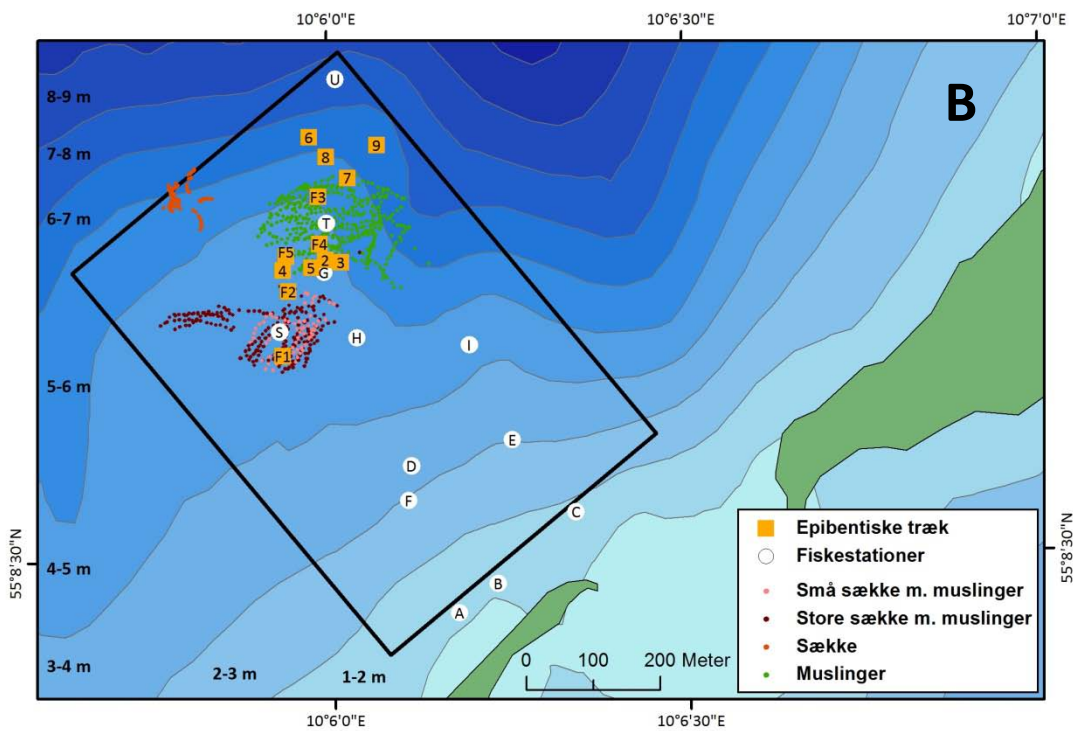
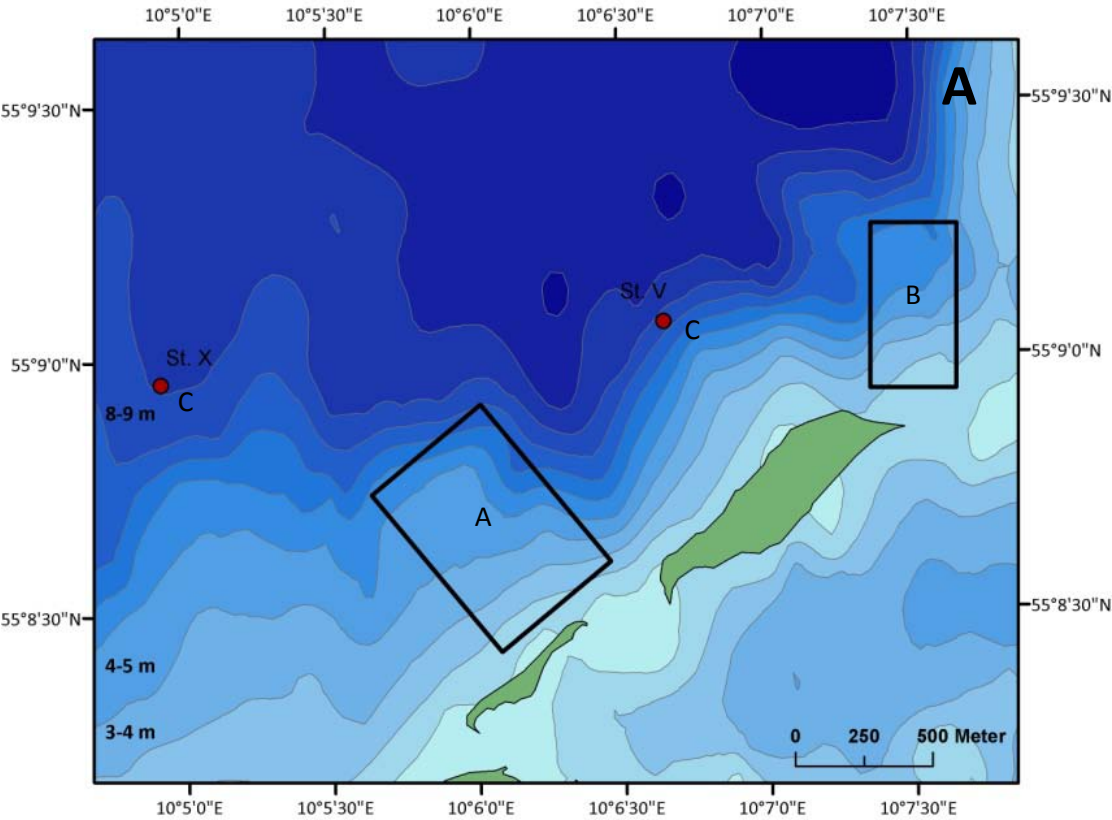
Der var ingen signifikant forskel (en vejs ANOVA;  $p > 0,05$ ) på den gennemsnitlige sigtdybde i forsøgsområdet, kontrolområdet og over muslingebanker (tabel 2).

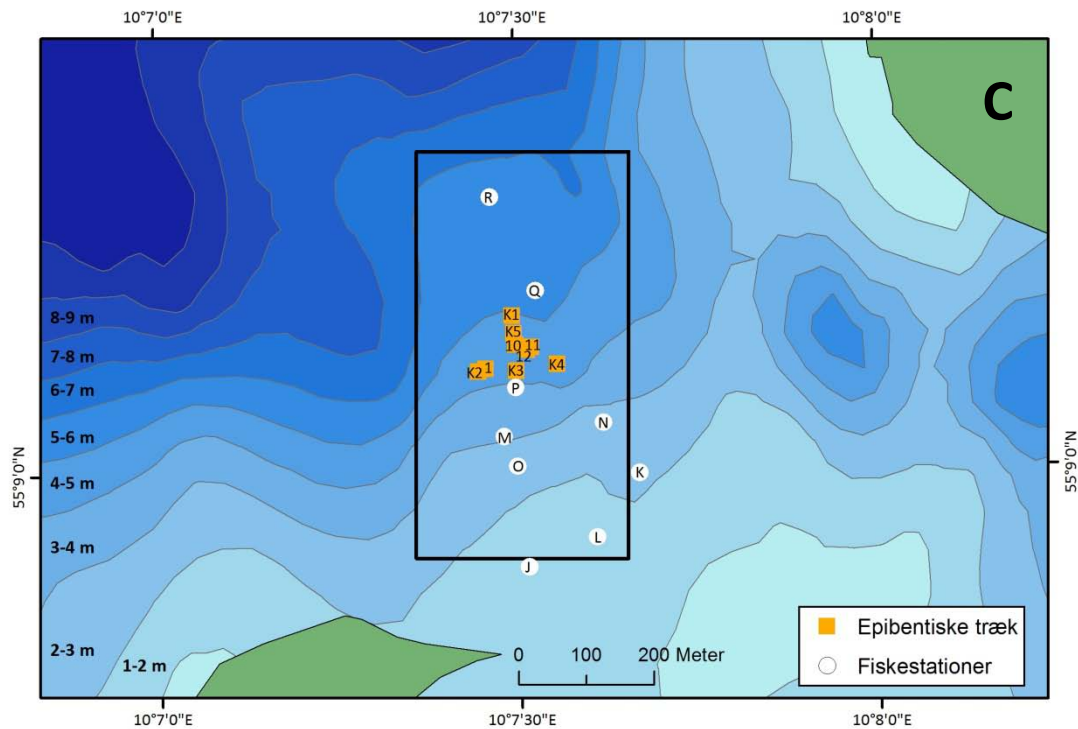
**Tabel 2. Sigtdybdemålinger på referencestationer, i forsøgsområdet, kontrolområdet og på muslingebanker. Referenceområde (Ref. område, gennemsnit for station V og X, se figur 20A), Forsøgsområdet for muslinger (gennemsnit for station 2, 4, 5, 6, S, T, U, se figur 20B), Kontrolområdet (gennemsnit for station 10, 11, 12, 14, se figur 20C), Muslingebanke (gennemsnit for station S, T placeret over udlagte muslingebanker, se figur 20A).**

Dato	Ref.område	Forsøgsområde	Kontrolområde	Muslingebanke
20-05-2011	5.4	6.0	5.3	5.2
30-05-2011	4.5	4.5	4.4	4.5
05-06-2011	5.5	5.5	5.4	5.2
16-06-2011	4.5	4.4	4.2	4.3
26-06-2011	4.6	4.6	4.6	4.6
27-06-2011		5.1	5.7	
05-07-2011	4.5	6.0	4.9	5.2
12-07-2011	4.3	4.4	4.2	4.6
20-07-2011	4.3	4.4	4.7	4.4
25-07-2011		4.0	5.1	
27-07-2011	3.5	3.5	3.9	3.3
16-08-2011	3.9	4.2	4.8	4.1
24-08-2011	3.8	3.7	3.4	3.7
27-09-2011		3.7	3.0	

### 7.3.3 Diskussion

Sigtdybden var ikke højere over bankerne sammenlignet med kontrol-, reference- og forsøgsområdet. Dette skyldes, at de fleste muslinger udlagt i 2010 blev ædt af en stor søstjernebestand i løbet af vinteren og foråret. De udlagte muslingebanke havde derfor ingen effekt på sigtdybden i området. Iltmålingerne viste høj iltmætning indtil 20 cm over bunden i hele perioden.





Figur 20. Sigtdybdestationer i A) referencestationer, B) forsøgsområdet og C) kontrolområdet på større dybde uden for de undersøgte områder.

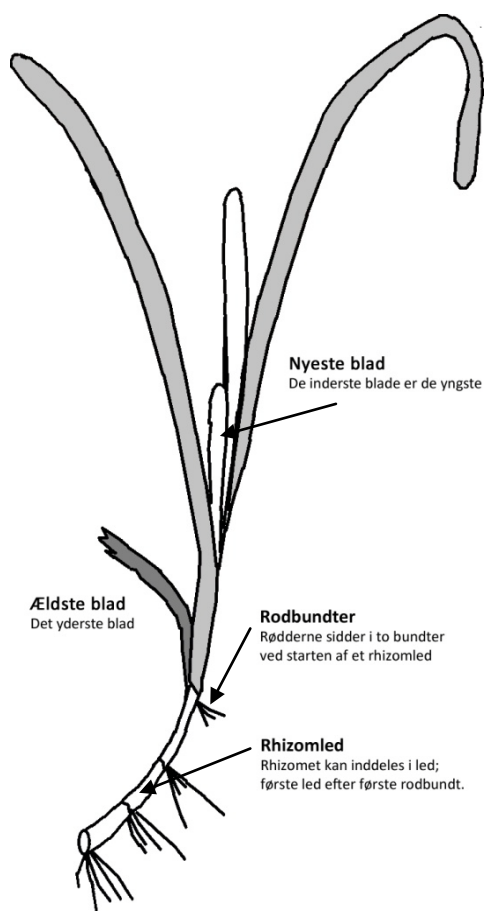
## 7.4 Ålegræs

Ålegræs er et vigtigt habitat for fisk og dyr i fjorden, idet ålegræsbelterne tilbyder skjul og fødesøgningsmuligheder. Det var derfor vigtigt at klarlægge effekten af udlægningen af muslingebanker på ålegræs. Hvis udlægning af muslingebanker skal være et anvendeligt værktøj til habitatrestaurering, må man sikre sig, at muslingebanker ikke har en negativ effekt på andre truede habitater i de danske kystområder. De danske kystområder er meget forskellige, og man bør derfor i hvert enkelt tilfælde af udlægning af muslingebanker undersøge effekten af disse på habitater og økosystemet generelt i området.

### 7.4.1 Metoder

#### *Videomonitoring af ålegræssets dækningsgrad*

Ålegræssets dækningsgrad og udbredelse blev undersøgt i forsøgs- og kontrolområdet før (september 2010) og efter (september 2011) udlægningen af muslingebanker. Formålet med videomonitoringen af ålegræs i forsøgs- og kontrolområdet var at klarlægge, om de udlagte muslingebanker havde nogen effekt på ålegræsset i områderne. Ålegræssets dækningsgrad og udbredelse blev monitoreret vha. videooptagelser af havbunden i de to områder (figur 24). Registreringen blev foretaget i punkter, hvor position, tid, ålegræssets dækningsgrad og tilstedeværelsen af andre faktorer såsom muslinger, makroalger og søstjerner blev noteret. Efterfølgende blev positioner og dækningsgrader indlagt på GIS-kort.

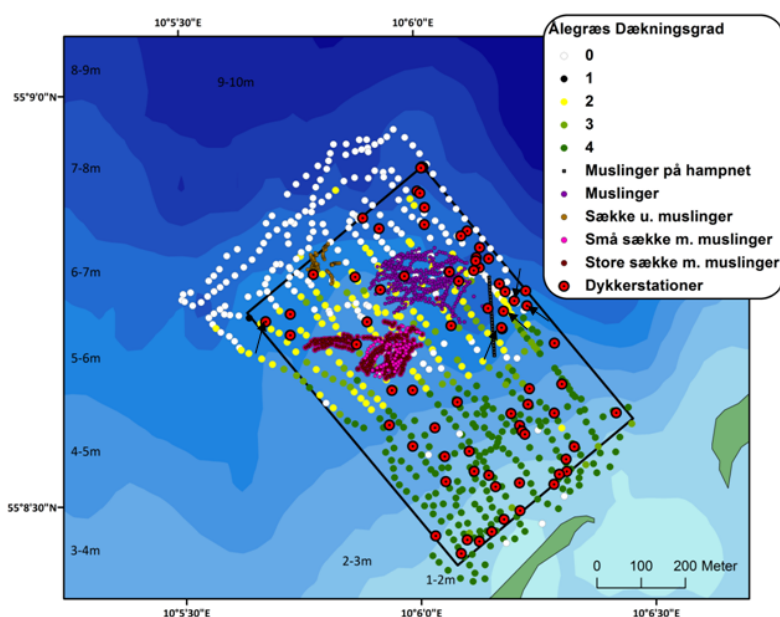


Figur 21. Terminologi for ålegræsbetegnelser brugt i dette afsnit. Tegnet af Sandra W. Thorsen.

### Prøveindsamling (dykkerundersøgelser)

Ålegræsprøver blev indsamlet i forsøgs- og kontrolområdet med dykker (dykkerstationer se figur 22). I forsøgsområdet blev der indhentet prøver fra 1-6 meters dybde fordelt i fem dybdeintervaller. I kontrolområdet kunne der hentes ålegræsskud ud til fem meter i fire dybdeintervaller. Inden for hvert dybdeinterval blev der i 2010 taget 10 tilfældige stikprøver ved dykning, hvoraf fem blev brugt til videre bearbejdning (fem positioner). I 2011 blev der hentet materiale fra de samme fem positioner, som blev undersøgt i 2010.

Ved hver stikprøve blev der tilfældigt smidt en ramme på 50 x 50 cm eller 25 x 25 cm, afhængigt af skudtætheden. Fra 5 ud af 10 stikprøver indenfor hvert dybdeinterval, blev alle skud af *Z. marina* indenfor rammen indsamlet. Skuddene blev forsigtigt gravet op ved håndkraft og håndskovl med så meget rhizom og rødder som muligt. Skuddene blev sorteret i hele levende skud og talt, hvorefter 10 skud blev udvalgt tilfældigt til videre behandling.



Figur 22. Dækningsgrad af ålegræs samt placering af blåmuslinger og dykkerstationer (store røde prikker). De udlagte muslingebanker er lagt ind over figurerne for at illustrere sammenfaldet mellem bankerne og ålegræsset.

### **Behandling af skud**

Ålegræsskuddene blev skyllet i ferskvand, og knækkede og døde blade blev sorteret fra skuddene. Hvert blads længde blev målt fra første rhizomled (figur 23) og ud til spidsen af bladet.



Figur 23. Ålegræsskud målt fra 1. rhizomled. Første rhizomled defineres ud fra røddernes fremtræden. Her er det fx vurderet, at de to knolde ikke er fremtrædende nok. Foto: Sandra Walløe Thorsen.

Knækkede blade blev ligeledes målt og noteret som knækkede. I 2010 blev bredden af blad nr. 2 bestemt for hvert skud og antaget at være repræsentativt for skuddets resterende blade. I 2011 blev det inderste og det yderste blads bredde målt og gennemsnittet blev anvendt i beregningerne. Skuddene blev delt i 1) overjordisk (blade) og 2) underjordisk biomasse (rhizomer og rødder) og blev tørret i varmeskab i mindst 24 timer ved 60 grader.

Epifytter og epifauna blev skrabet af ålegræssets blade. Biomassen blev fundet ved tørvægten (TV) efter tørring ved 60 grader i mindst 24 timer. Epifauna og epifytter blev artsbestemt under mikroskop efter Køie & Kristiansen (2000).

### **Databehandling**

Skuddensiteten blev beregnet på baggrund af antal skud i rammerne. Længden af et skud (længden af alle blade) blev summeret og heraf blev den samlede længde pr.  $m^2$  og bladareal pr.  $m^2$  beregnet. Biomassen blev beregnet i  $g\ TV\ m^{-2}$  ( $TV = \text{tørvægt}$ ) ved at multiplicere med skuddensiteten.

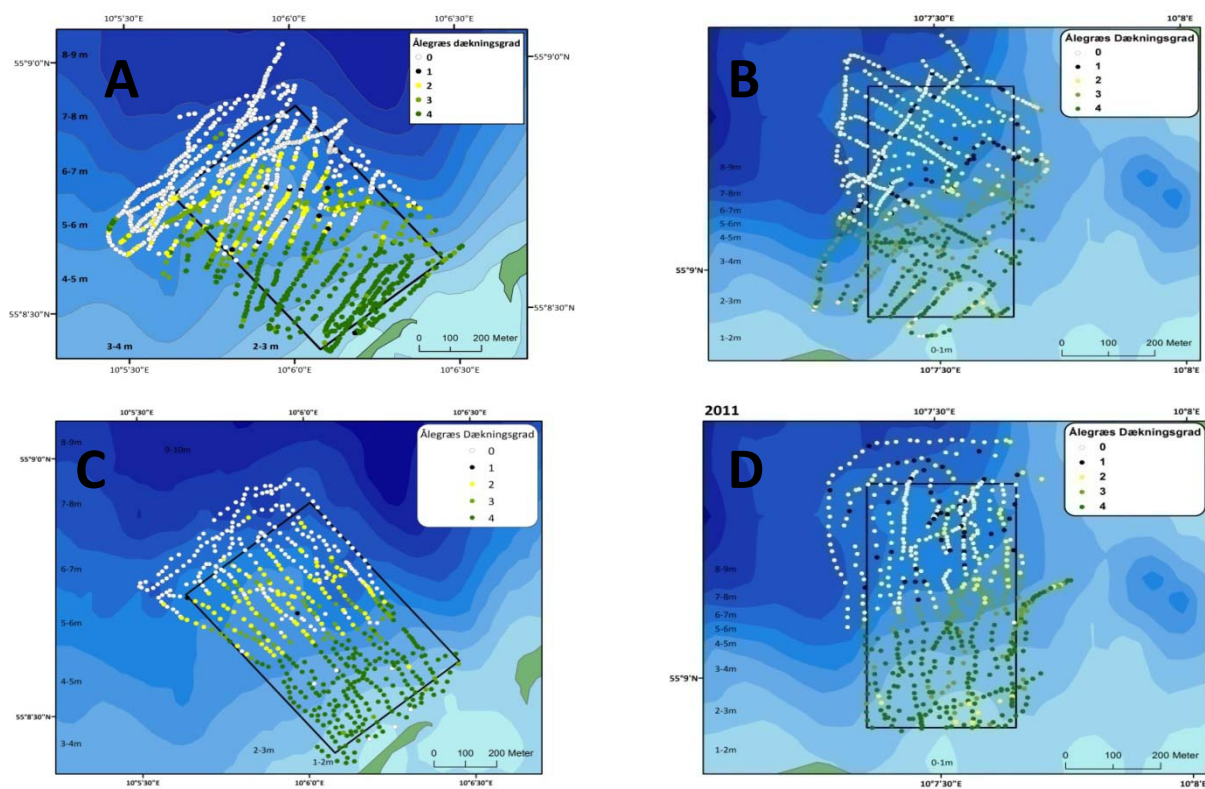
Epifyt og epifauna biomasser i  $g\ cm^{-2}$  blev beregnet som den fundne tørvægt divideret med arealet af ålegræssets blade.

SAS 9.2 blev anvendt til statistiske tests. Det blev undersøgt om data var normalfordelte, hvor det ikke var tilfældet, blev data logaritmetransformeret. Herefter blev der med repeated measure ANOVA testet, om der var forskel mellem ålegræsparemetrene i 2010 og 2011 indenfor dybdeintervallerne i enten forsøgsområdet (FO) eller kontrolområdet (KO). Forskellen på FO og KO i 2011 blev undersøgt med ANOVA og Tukey test med et konfidensinterval på  $\alpha = 0,05$ .



### 7.4.2 Resultater

Ålegræssets dækningsgrad i forsøgsområdet og kontrolområdet blev undersøgt ved videomonitoring og ved dykkerundersøgelser. I videomonitoringen blev der fundet tætte ålegræsbede ud til 4-5 m i begge områder og i begge år. Den maksimale dybdegrænse for ålegræsset var 7,4 meter, ligeledes i begge områder i begge år (figur 24).

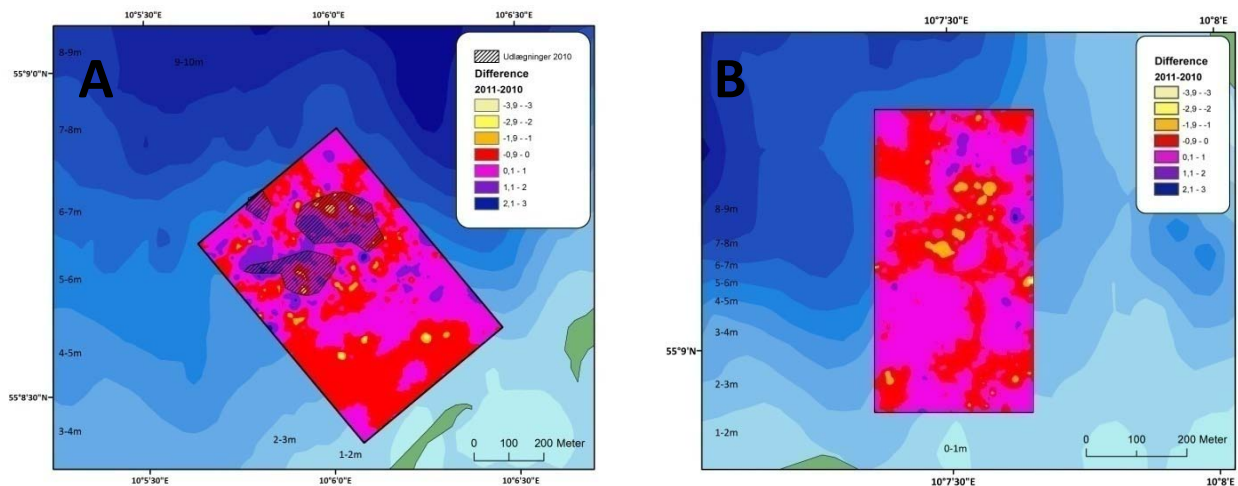


Figur 24. Ålegræssets dækningsgrad. Dækningsgraden er vurderet på baggrund af videomonitoring af havbunden i forsøgs- (A, C) og kontrolområdet (B, D) i 2010 (A-B) og 2011 (C-D). Videomonitoringen blev foretaget af DTU Aqua i slutningen af september i begge år. Forklaring på dækningsgraderne: 0 = ingen forekomst af ålegræs, 1 = døde skud, 2 = enkelte skud, 3 = felter eller tyndt dække af ålegræs, 4 = tæt ålegræs.

### Forskelle i ålegræsparametre mellem 2010 og 2011

Sammenligning af ændringerne i dækningsgrad fra 2010 til 2011 i forsøgsområdet viser både positiv og negativ udvikling i området, hvor muslingebankerne er udlagt på 4-6 meters dybde (figur 25). Der er imidlertid ingen forskel på den procentvise fordeling af dækningsgraderne i forsøgsområdet og kontrolområdet i hverken 2010 eller 2011 (t-test,  $p > 0,05$ ). Det kan derfor konkluderes på baggrund af videokortlægningen, at der er stor variation i ålegræssets dækningsgrad fra år til år, og udlægningen af muslingebanker i forsøgsområdet ikke har haft en effekt på ålegræssets udbredelse i området.

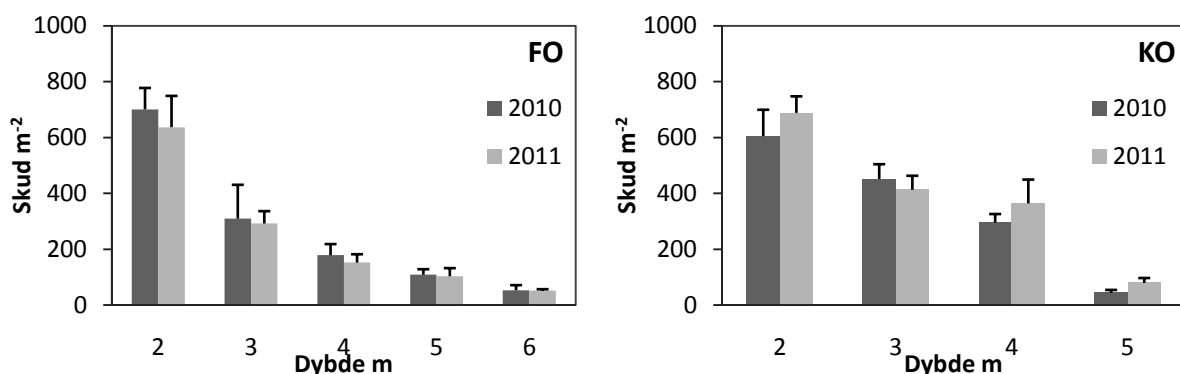




**Figur 25.** Ændring i ålegræssets dækningsgrad fra 2010 til 2011 i forsøgs- (A) og kontrolområdet (B). De udlagte muslingebanker er vist i forsøgsområdet med mørk skravering for at illustrere placeringen af bankerne i forhold til ændringen i ålegræssets dækningsgrad. Analysen er lavet i GIS og dækningsgraden er interpoleret fra videomonitoringen på figur 4.

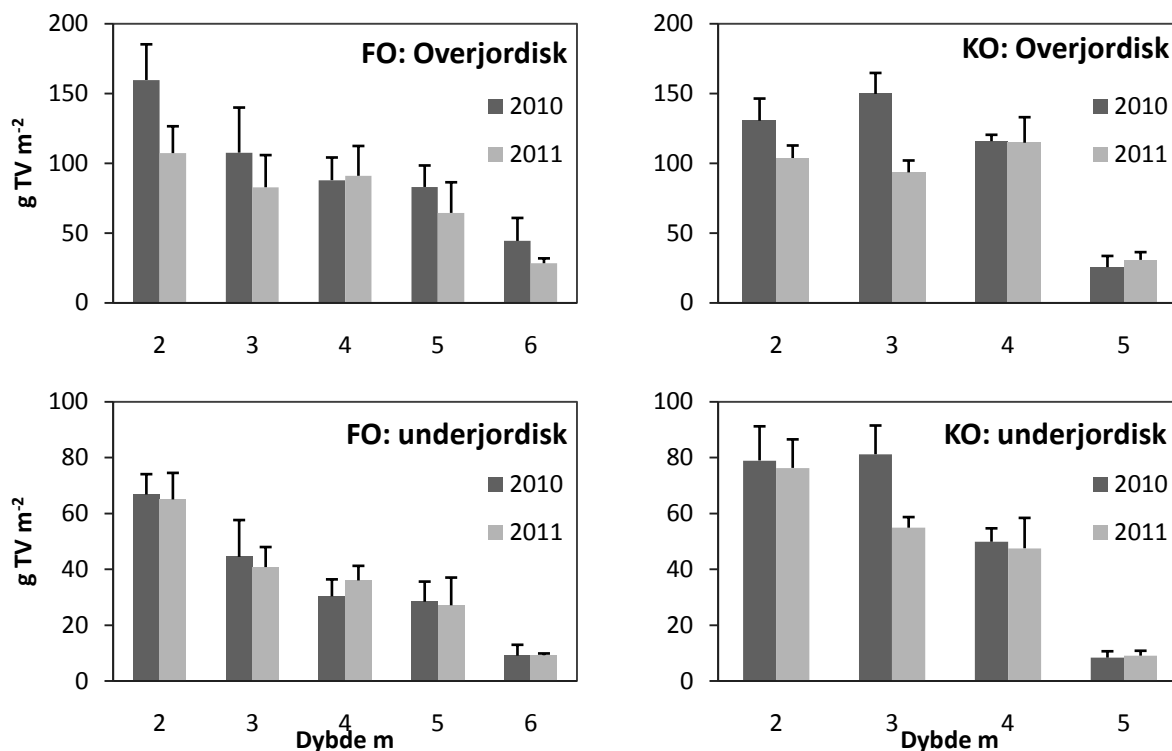
Dykkerundersøgelserne af ålegræsset i forsøgs- og kontrolområdet viste ingen effekt af udlægningen af muslingebanker i forsøgsområdet på ålegræssets skuddensitet, biomasse og bladareal. Der blev observeret en reduktion i det organiske indhold i sedimentet og epifauna fra 2010 til 2011 (se det følgende afsnit). Kun for epifytbiomassen på bladene blev der observeret en stigning fra 2010 til 2011, men da stigningen er noget større i kontrolområdet end i forsøgsområdet, vurderes stigningen ikke at være grundet udlægningen.

Skuddensiteten i Nørrefjord var mellem 44-700 og 52-688 skud  $m^{-2}$  i 2010 og 2011. Der var ingen signifikant forskel på skuddensiteten i de to år for de 2 områder. Udlægningen af muslingebanker i forsøgsområdet i 2010 havde derfor ingen virkning på ålegræssets skuddensitet i 2011 (figur 26).



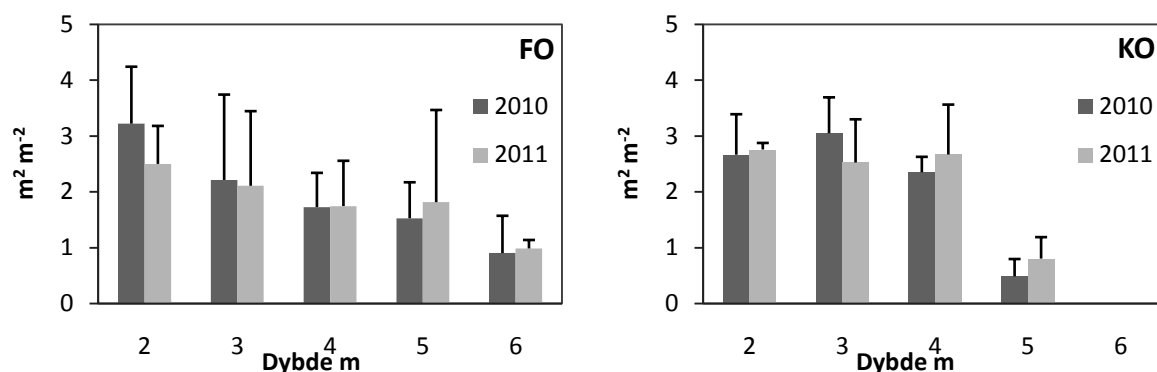
**Figur 26.** Skuddensitet (skud  $m^{-2}$  +SE) i 2010 og 2011 i forsøgsområdet (FO) og kontrolområdet (KO).

Biomassen for ålegræsset i Nørrefjord var mellem 25-160 g TV  $m^{-2}$ , hvoraf de største værdier blev fundet i 2010 i forsøgsområdet (figur 27). Der var ikke signifikant forskel mellem områderne for hverken over- eller underjordiske biomasser i 2011.



Figur 27. Biomasse (g TV m<sup>-2</sup> +SE) af *Z. marina* 2010 og 2011. Øverst: Overjordisk biomasse = blade. Nederst: underjordisk biomasse = Rhizomer og rodbundter. FO = forsøgsområde, KO = kontrolområde.

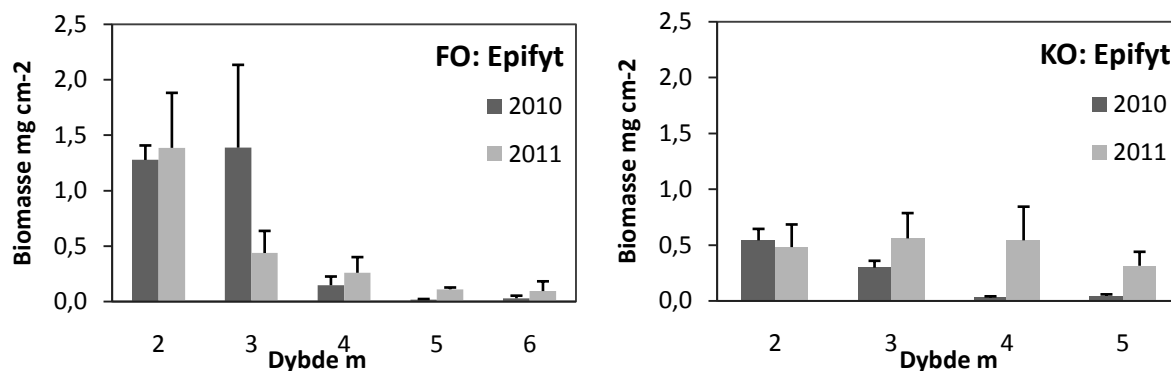
Ålegræssets bladareal var op til 3,2 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> i 2010, men kun op til 2,7 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> i 2011 i forsøgsområdet. Udlægningen af muslinger havde ingen effekt på bladarealet, idet der ikke var signifikant forskel på bladarealet i kontrolområdet og forsøgsområdet i 2011 (ANOVA, efterfølgende Tukey  $\alpha=0,05$ ) (figur 28).



Figur 28. Bladarealer (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> +SE) i 2010 og 2011 (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> +SE). FO = Forsøgsområde, KO = Kontrolområdet.

### Epifytter

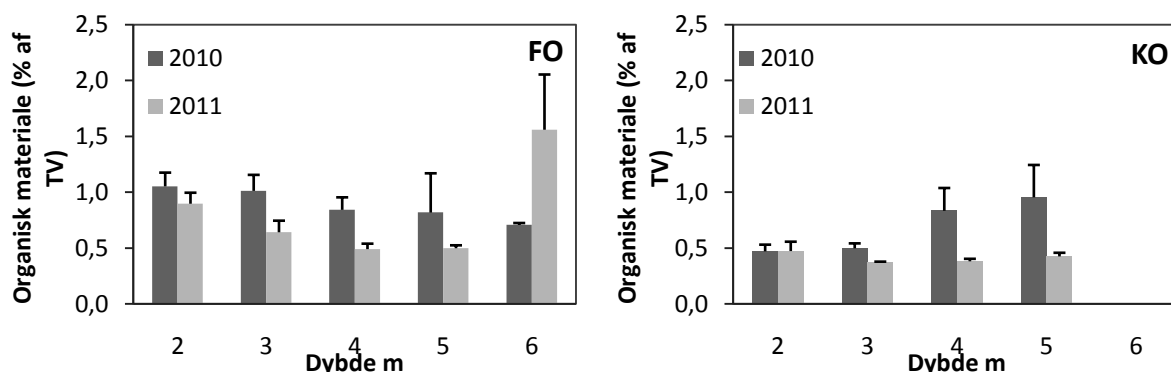
Epifytter er makroalger der vokser på ålegræssets blade. Epifytmængden på ålegræsset i Nørrefjord var mellem 0-1,5 mg cm<sup>-2</sup> i 2010-11 (figur 29). Der blev ikke fundet signifikant forskel mellem epifytmængden i de to områder i 2011 (ANOVA;  $p = 0,024$ ).



Figur 29. Biomasse ( $\text{mg cm}^{-2}$  +SE) af epifytter på ålegræsset i 2010 og 2011. Epifytter er makroalger som vokser på ålegræssets blade. FO = Forsøgsområde, KO=Kontrolområde.

### Sedimentet

Indholdet af organisk materiale i sedimentet var generelt lavt og på maksimalt 2 % af tørvægt af sedimentet i 2011 (figur 30). Værdierne var signifikant lavere i 2011 sammenlignet med 2010 (t-test;  $p = 0,0638$ ), kun i FO på 6 m var der en højere gennemsnitsværdi i 2011, dog uden at denne var signifikant.



Figur 30. Organisk (% af TV +SE) indhold i sedimentet omkring ålegræsbedene. FO = Forsøgsområde, KO= Kontrolområde. Der var ikke ålegræs på de undersøgte stationer på 6 m i KO og derfor blev der ikke taget sedimentprøver her.

### 7.4.3 Diskussion

#### Ålegræssets tilstand i Nørrefjord

På baggrund af de præsenterede resultater vurderes ålegræsset (*Zostera marina*) i Nørrefjord til at være i god tilstand. Der blev fundet ålegræs i mindre felter ud til 7-8 meter dybde, hvilket er betydeligt over gennemsnittet i andre danske fjorde (53 % af de observerede danske fjorde har en dybdegrænse under 4 m, Nielsen et al. 2002). Årsagerne til ålegræssets gode tilstand i Nørrefjord er formodentlig den reducerede kvælstofbelastning, forbedrede sigtddybde og det lave organiske indhold i sedimentet. Reduceret kvælstofbelastning og den afledte forbedrede sigtddybde i fjorden giver ålegræsset forbedrede lysforhold og et reduceret organisk input til sedimentet. Lys er, som for alle andre fotosyntetiserende organismer, en begrænsende faktor for ålegræsset, og de gode lysforhold i Nørrefjord afspejles i ålegræssets gode tilstand og store dybdeudbredelse. Et lavt organisk indhold begrænser desuden

iltforbruget i sedimentet og derved reduceres risikoen for iltsvind samt sulfidakkumulering i ålegræsset, der kan opstå ved anoxiske forhold i rodzonen.

Sammenlignet med andre danske fjorde ser ålegræsset i Nørrefjord ud til at klare sig godt. I Odense Fjord har der generelt været tilbagegang i populationerne og dækningsgraden lå i 2003-2004 på omkring 10-20 % (2-4 m, Fyns Amt 2006). Skuddensiteten på lavt vand (1-2 m) i Nørrefjord var op til 30 % højere end på samme vanddybde i Flensborg Fjord (Fyns Amt 2006). Bladbiomassen af ålegræsset i Nørrefjord var relativt lav. Den overjordiske biomasse var ca. halvt så stor sammenlignet med Flensborg Fjord (på 2 m), og ca. 30-50 % lavere end hvad Krause-Jensen et al. (2000) fandt i Øresund. Ålegræsskuddene er derfor relativt mindre i Nørrefjord sammenlignet med de to øvrige lokaliteter, hvilket kan skyldes, at der allokeres mere biomasse til den underjordiske del som følge af eksponeringsgrad eller til at sikre næringsoptag.

Epifytvæksten fundet i Nørrefjord både i 2011 og 2010 er generelt lav, og dette er en fordel for ålegræsset. Epifytvækst kan begrænse plantens produktion og vækst, da epifytterne kan begrænse lysindfaldet til ålegræssets fotosyntetiserende væv. I Nørrefjord blev der hovedsageligt målt epifytbiomasser under 2 mg cm<sup>-2</sup> (figur 29), hvilket er langt under den grænse, som giver lysbegrænsning (Brush & Nixons 2002). Desuden blev epifytterne oftest fundet i klumper eller ved bladskederne i modsætning til Brush & Nixon (2002) og Vinther & Holmer (2008), hvor epifytterne var fordelt over hele bladet. Samtidigt blev der ikke fundet epifytter på de yngste blade, og det formodes, at epifytterne ikke har negativ effekt på *Z. marina*. Der var lidt flere epifytter i forsøgsområdet sammenlignet med kontrolområdet, men dette var tilfældet i både 2010 og 2011, men stadig i mængder som er langt under den kritiske grænse. Der er således ikke indikationer på, at muslingebankerne har øget epifytbiomassen til et kritisk niveau i forsøgsområdet.

Ålegræs (*Zostera marina*) trives bedst under gode lysforhold og i næringsfattige miljøer og dermed også i næringsfattige sedimenter. Ålegræssets succes i Nørrefjord skyldes derfor formodentligt den høje sigtdybde og det lave organiske indhold i sedimentet (figur 30).

## 7.5 Bunddyr

### 7.5.1 Metode

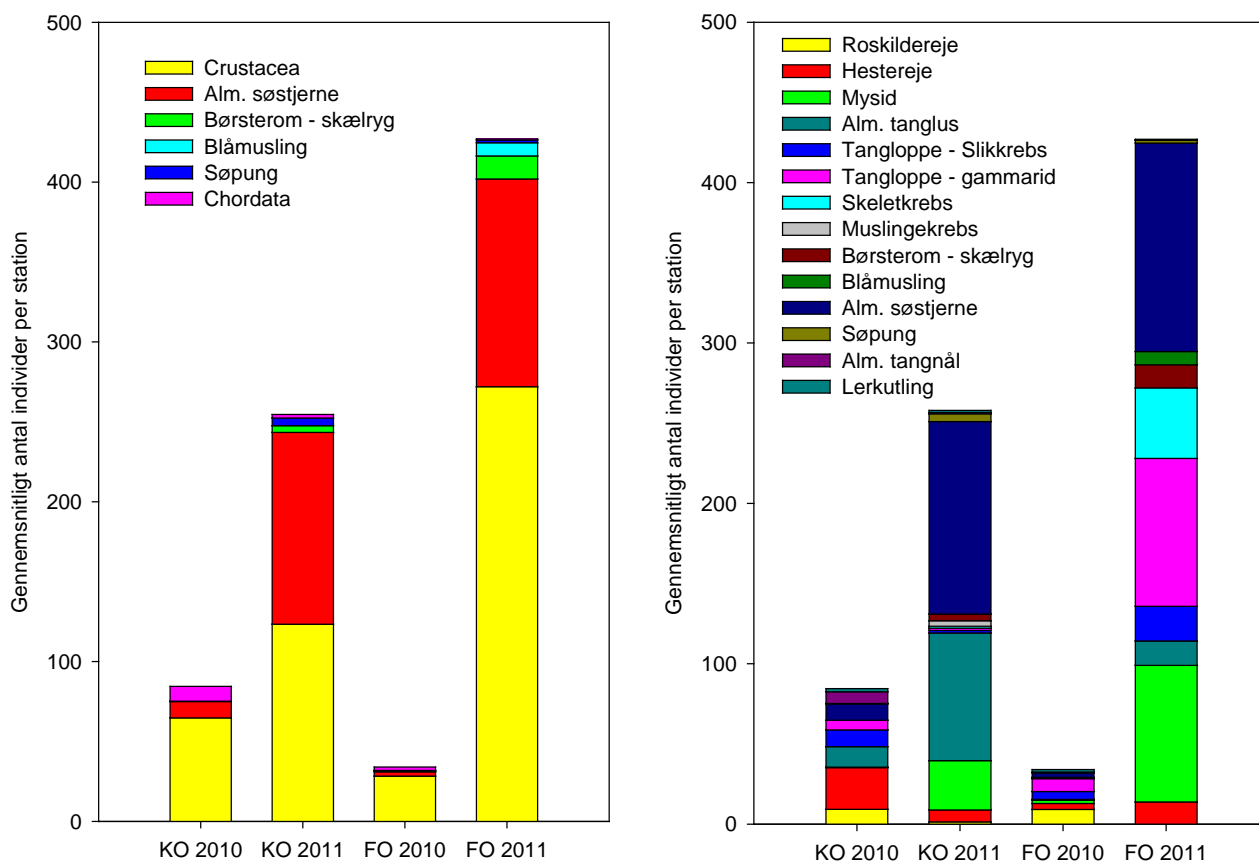
Effekten af muslingebankerne på bunddyr i forsøgs- (FO) og kontrolområdet (KO) blev undersøgt vha. epibentiske slædetræk i begge områder før (oktober 2010) og efter (oktober 2011) udlægningen af muslingerne. Den epibentiske slæde trækkes henover havbunden og fanger de smådyr, der sidder ovenpå substratet (bund, sten osv.). Der blev indsamlet 4-7 prøver fra begge områder før og efter udlægningen af muslinger. Prøverne blev taget på 4-6 meters dybde på i alt 20 stationer (figur 20 B og C). Slæden blev trukket over bunden i 30 sekunder med en hastighed på én knob. Alle dyr i prøverne blev artsbestemt og talt. Tætheden af søstjerner blev estimeret ud fra det areal (4,6 m<sup>2</sup>) slæden dækkede ved hvert træk: slædens åbning (30 cm) x trækkets længde (0,514 m/s x 30 s). Længden på søstjerner blev målt på tværs af dyret mellem armspidserne. Forskelle i tæthed og antal af arter blev testet med ANOVA (GLM, Poisson), hvor de testede variable var område og år. Der anvendes et signifikansniveau på  $p < 0,05$ .



Figur 31. Epibentisk slæde. Foto: Louise Kristensen.

### 7.5.2 Resultater

Der blev identificeret 14 taxa i de epibentiske prøver (Appendiks 2). Faunaen er domineret af krebsdyr, der udgør 8 af de 14 taxa og størstedelen af individerne (figur 32). Derudover blev der identificeret: én art pighud, én slægt børsteorm, en art bløddyr, en søpung og to arter af fisk. Det gennemsnitlige antal individer var størst i 2011 både i kontrol- og forsøgsområdet (figur 32), men kun antallet af individer mellem kontrolområde i 2010 og forsøgsområde i 2011 var signifikant forskelligt ( $p < 0,05$ ). Det gennemsnitlige antal arter var 5-7 per station i kontrolområdet og 6-9 i forsøgsområdet i de to undersøgte år (figur 32), men forskellene var ikke signifikante.



**Figur 32. Gennemsnitligt antal individer per station opdelt i dyregrupper (a) og i arter (b) i kontrolområdet (KO) og forsøgsområdet (FO) i 2010 og 2011 hhv. før og efter muslingeudlægningen.**

Det gennemsnitlige antal individer steg fra under hundred individer i 2010 til flere hundrede i 2011 i både kontrol- og forsøgsområdet (figur 32). Stigningen var signifikant størst i forsøgsområdet efter udlægningen af muslinger; i 2011 var der tre gange så mange dyr i kontrolområdet end i 2010, mens der var over 12 gange så mange dyr i forsøgsområdet. Stigningen af individer egnet som fiskeføde (eksklusive søstjerne og søpunge) var ligeledes størst i forsøgsområdet efter udlægningen af muslinger. Fra 2010 til 2011 steg det gennemsnitlige antal arter per station signifikant fra 5 til 7 i kontrolområdet og fra 6 til 9 i forsøgsområdet, men forskellene mellem områderne var ikke signifikant (tabel 3).

**Tabel 3. Gennemsnitligt antal individer  $\pm$  SD totalt og per art samt antal arter per station i kontrol- og forsøgsområdet i 2010 og 2011 hhv. før og efter muslingeudlægningen.**

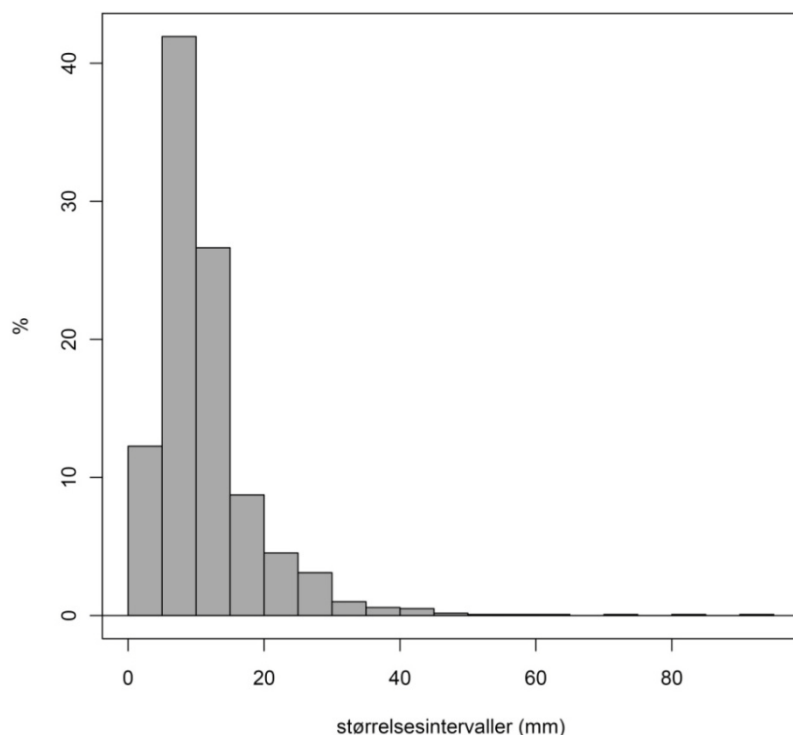
	Kontrolområde		Forsøgsområde				
	2010	2011	2010	2011	omr.	år	omr.år
n total	85 $\pm$ 91	258 $\pm$ 232	34 $\pm$ 44	427 $\pm$ 344	***	***	***
n fiskeføde	74 $\pm$ 73	133 $\pm$ 119	31 $\pm$ 42	295 $\pm$ 299	***	***	***
arter total	6 $\pm$ 3	7 $\pm$ 4	4 $\pm$ 4	9 $\pm$ 2		**	
arter fiskeføde	5 $\pm$ 2	6 $\pm$ 3	4 $\pm$ 4	7 $\pm$ 2		*	
Alm. søstjerne	10 $\pm$ 20	120 $\pm$ 136	3 $\pm$ 4	130 $\pm$ 73	***	***	***
Hestereje	26 $\pm$ 19	7 $\pm$ 14	4 $\pm$ 6	14 $\pm$ 12	***	***	***
Roskildereje	9 $\pm$ 10	1 $\pm$ 3	9 $\pm$ 13	0 $\pm$ 0			
Mysid	0 $\pm$ 1	31 $\pm$ 44	2 $\pm$ 5	85 $\pm$ 47		***	
Gammarider	6 $\pm$ 12	1 $\pm$ 2	8 $\pm$ 13	92 $\pm$ 193	***	***	***
Slikkrebs	11 $\pm$ 17	2 $\pm$ 2	5 $\pm$ 4	22 $\pm$ 18	***	***	***
Alm. Tanglus	13 $\pm$ 15	80 $\pm$ 72	1 $\pm$ 1	15 $\pm$ 14	**	***	**
Skeletkrebs	0 $\pm$ 0	1 $\pm$ 2	0 $\pm$ 0	44 $\pm$ 57			
Muslingekrebs	0 $\pm$ 0	3 $\pm$ 7	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0			
Blåmusling	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	0 $\pm$ 0	8 $\pm$ 18		***	
Børsteorme	0 $\pm$ 0	4 $\pm$ 4	1 $\pm$ 2	14 $\pm$ 11		***	
Sækdyr	0 $\pm$ 1	5 $\pm$ 7	0 $\pm$ 0	2 $\pm$ 2			
Lerkutling	2 $\pm$ 1	1 $\pm$ 2	2 $\pm$ 3	0 $\pm$ 1			
Alm. tangnål	7 $\pm$ 7	1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1	0 $\pm$ 0	**	***	**

\* 0.05, \*\*0.01, \*\*\* 0.001

Der var signifikant flere søstjerner og tanglus i 2011 i begge områder (figur 32 og Tabel 3). Stigningen af søstjerner var signifikant højest i forsøgsområdet, mens stigningen af tanglus var størst i kontrolområdet. Tætheden af hesterejer og tanglopper (Gammarider og slikkrebs) steg signifikant i forsøgsområdet efter udlægningen af muslinger, mens tætheden faldt i kontrolområdet. Der blev desuden fanget signifikant flest tangnål i kontrolområdet i 2010.

Længden på søstjerne varierede mellem 4 mm og 9 cm. Der var dog kun seks søstjerner ud af de næsten 1200 målte individer, der var over 5 cm. De hyppigste længdeintervaller var 0,5-1 cm og 1-1,5 cm, som inkluderede næsten 70 % af alle søstjerner i undersøgelsen (figur 33).

Den estimerede densitet af søstjerner ud fra slædetrækkene steg fra 1-2 til 26-28 individer pr. m<sup>2</sup> i begge områder efter udlægningen af muslingebankerne.



**Figur 33.** Den procentvise frekvens af 5 mm størrelsesintervaller af samtlige søstjerner fra epibentiske slædetræk i kontrol- og forsøgsområdet i 2010 og 2011. Størrelsen er målt på tværs af dyret mellem armspidserne.

### 7.5.3 Diskussion

Alle arter i undersøgelsen er karakteristiske for danske lavvandede fjorde (Muus 1967, Rasmussen 1973). Faunaen er karakteristisk for et brakvandsmiljø og arter som hesterejer, roskildereje og tanglus er meget tolerante overfor svingninger i det omgivende vands salinitet. Tanglopper, blåmuslinger og muslingekrebs er også registreret i forbindelse med savtang i Øresund (Hagerman 1966), men her blev der også registreret snegle, som er helt fraværende i denne undersøgelse.

Stigningen i antallet af bunddyr både i kontrol- og forsøgsområdet fra 2010 til 2011 tyder på, at der generelt var bedre forhold for bundfauna i Nørrefjord i 2011 sammenlignet med 2010. Det signifikant højere antal individer i forsøgsområdet i 2011 er tegn på, at udlægningen af muslinger har haft en gavnlig effekt på bundfaunaen i området. Den signifikant højere tæthed af bundfauna egnet som fiskeføde i forsøgsområdet end i kontrolområdet i 2011 indikerer, at forsøgsområdet generelt er mest velegnet som opvækstområde for fiskene. Dette afhænger dog af hvilken fiskeart der er tale om, da forskellige arter har forskellige fødepræferencer. Det er muligt, at der derudover er en langtidseffekt af bankerne på bundfaunaen og at der i de følgende år vil være endnu flere byttedyr til fiskene i forsøgsområdet.

Den højere tæthed af tanglopper i forsøgsområdet sammenlignet med kontrolområdet kan tyde på, at muslingebankerne giver bedre vækstbetingelser for disse arter. Grunden til den høje tæthed af Alm. tangnål i 2010 og tanglus i 2011 i kontrolområdet kendes ikke.

Almindelig søstjerne æder stort set alt levende eller dødt materiale, den kan få fat på. Den fortrukne føde for voksne individer er muslinger, men de spiser også orme, krebsdyr og andre pighuder, mens de juvenile søstjerner primært spiser rurer og små muslinger (Vevers 1949). Især de helt små søstjerner med en radius



på højst 1 cm synes at foretrække de rurer der vokser på muslingeskallerne (figur 34) (Saier 2001). Søstjerner med en radius under 5 cm anses for at være juvenile (Vevers 1949, Barnes & Powell 1951). Alle de indsamlede søstjerner havde en tværlængde under 10 cm og på nær få individer var alle endda under 5 cm og var dermed juvenile individer årgang 0. Den høje tæthed af søstjerner i 2011 har sandsynligvis haft en stor effekt på tætheden af de udlagte muslinger i forsøgsområdet, da arten ved masseforekomst kan prædere voldsomt på muslinger (Saier 2001). Kristensen & Lassen (1997) dokumenterede, at søstjerner var årsag til en signifikant reduktion af udlagte blåmuslinger under et udlægningsforsøg gennemført i Limfjorden. Udover den direkte prædation på muslinger, kan søstjernerens prædation på rurer fasthæftet på muslinger påvirke bestanden af blåmuslinger indirekte. Rurer fasthæftet på muslinger fremmer nemlig muslingernes nysetling signifikant, da de fungerer som velegnet substrat til fasthæftning for larverne (Saier 2001).



Figur 34. Skaller af blåmusling med vedhæftede rurer. Kilde: <http://da.wikipedia.org/wiki/Blåmusling>.

Den estimerede tæthed af søstjerner i 2011 (nærværende undersøgelse) var højere end tætheden af søstjerner i Limfjorden i september 1997, hvor der blev observeret op til 7 individer  $\text{m}^{-2}$  (Hoffmann & Dolmer 2000). I Vadehavet er der til gengæld målt over 600 juvenile søstjerner  $\text{m}^{-2}$  under tidevandszonen i juli 1998 (Saier 2001). Det er uvist, om den høje tæthed af søstjerner er tilfældigt eller skyldes tiltrækning fra muslingeudlægningerne, men hvis det er tilfældet, så har effekten spredt sig til de omkringliggende områder, da der ikke er forskel i antal af søstjerner i kontrol- og forsøgsområdet i 2011.

## 8. Konklusion for BioRev-projektet

BioRev-projektet er et demonstrationsprojekt, der viser hvordan fiskehabitater kan genoprettes i danske fjorde med en stærk lokal forankring i form af Faaborg Amatørfiskerforening og frivillig udførsel af det praktiske arbejde i forbindelse med genoprettelsen af muslingebanker. Der er i BioRev-projektet udlagt muslingebanker i et område svarende til ca. 17 fodboldbaner i Nørrefjord. Forsøg med forskellige udlægningsmetoder viste, at metoden kan effektiviseres ved at hænge skalposerne direkte på linerne på anlægget. Ved udlægningen kappes poserne med muslinger direkte fra linen. Derved undgås den tids- og arbejdskrævende høst og udlægning af bankerne, som blev skåret ned fra 9 til 1 dag. Forsøg med muslinger opsamlet på line i vandsøjlen i Nørrefjord og muslinger opsamlet fra havbunden i Lillebælt viste, at

linemuslingerne er et godt alternativ til bundmuslinger, der traditionelt benyttes, når der skal foretages genudlægninger på havbunden. Endvidere viste resultaterne, at udlægning af muslinger og skaller, frem for muslinger alene, bidrager til, at muslingerne er bedre beskyttet mod prædation ved udlægningen. Til trods for dødelighed blandt muslingerne efter udlægningen, ligger de etablerede banker af skaller stadig tilbage. Disse banker giver fisk bedre muligheder for at finde skjul og føde. Samtidigt forventes det, at skallerne i sig selv også bidrager til en øget settling af muslinger i fremtiden. Effektundersøgelserne af muslingebankerne viser ingen effekt på sigtdybde og ålegræs.

Der blev fanget flere fisk i såvel kontrol- som forsøgsområdet i 2011 efter muslingeudlægningen sammenlignet med før udlægningen i 2010. Der var en tendens til at stigningen var højst i forsøgsområdet, omend den kun var signifikant for trepigget hundestejle i sensommeren. Torsken var en af de arter, hvis antal steg kraftigt efter udlægningen, men dette skyldes en udefrakommende rekruttering til hele området og kunne ikke forbindes med muslingeudlægningen. Sortkutlingen var en af de arter, som generelt er gået tilbage. Denne tilbagegang skyldes formodentlig øget prædationstryk fra torskene. Ingen nye fiskearter er kommet til efter muslingeudlægningen. Men det er heller ikke realistisk at se nye arter allerede et år efter udlægningen. I fremtiden vil der formodentlig komme nye arter til og flere individer af hver art. Videooptagelserne af fiskenes småskalafordeling omkring de udlagte muslingebanker viste, at der gennemsnitligt blev observeret tre gange så mange fisk i forsøgsområdet end i kontrolområdet. Muslingestrukturerne tiltrak primært småfisk som sortkutlinger og havkarudser, men rovfisk som torsk og havørreder blev også observeret.

Det var en generel stigning i antallet af bunddyr i 2011 i forhold til 2010, men stigningen var størst i forsøgsområdet, hvilket tyder på, at udlægningen af muslinger har haft en gavnlig effekt på bundfaunaen i området. Den højere tæthed af tanglopper i forsøgsområdet sammenlignet med kontrolområdet kan tyde på, at muslingebankerne giver bedre vækstbetingelser for disse arter. Tanglus derimod synes af uvisse årsager at foretrække kontrolområdet i 2011. Der var en høj tæthed af søstjerner i 2011, hvilket sandsynligvis har haft en betydelig negativ effekt på tætheden af de udlagte muslinger i forsøgsområdet, da arten kan prædere voldsomt på muslinger. Muslingebankerne konkluderes således, at have en gavnlig effekt på individantallet af fisk og bunddyr.

## 9. Referencer

- Almqvist G, Strandmark A and Appelberg M (2010). Has the invasive round goby caused new links in Baltic food webs? *Environmental biology of fishes*, 89(1), 79-93. doi: 10.1007/s10641-010-9692-z
- Andersson MH, Öhman MC (2010). Fish and sessile assemblages associated with wind-turbine constructions in the Baltic Sea. *Marine and Freshwater Research*, 61(6), 642-650. doi: doi:10.1071/MF09117
- Barnes, H, Powell, HT (1951). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 30: 381-385.
- Bos OG, Hendriks IE, Strasser M, Dolmer P, Kamermans P (2006). Estimation of food limitation of bivalve larvae in coastal waters of north-western Europe. *Journal of Sea Research* 55: 191– 206.
- Boström C, Roos C, Rönnerberg O (2004). Shoot morphometry and production dynamics of eelgrass in the northern Baltic Sea, *Aquatic Botany*, 79: 145-161.
- Brickhill MJ, Lee SY and Connolly RM (2005). Fishes associated with artificial reefs: attributing changes to attraction or production using novel approaches. *Journal of Fish Biology*, 67, 53-71. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00915.x
- Brush MJ, Nixon SW (2002). Direct measurements of light attenuation by epiphytes on eelgrass *Zostera marina*, *Marine Ecology Progress series*, 238: 73-79.
- Christensen HT, Dolmer P, Petersen JK, Tørring D (2012). Comparative study of predatory responses in blue mussels (*Mytilus edulis* L.) produces in suspended long line cultures or collected from natural bottom mussel beds. *Helgoland Mar. Res.* 66(1): 1-9. DOI 10.1007/s10152-010-0241-0).
- Christensen HT, Dolmer P, Stewart H, Bangsholt J, Olesen T, Redeker S (2008). Erfaringsopsamling for muslingeopdræt i Danmark. DTU Aqua Rapport 185-08.
- Clausen I, Riisgård HU (1996). Growth, filtration and respiration in the mussel *Mytilus edulis*: no evidence for physiological regulation of the filter-pump to nutritional needs. *Mar Ecol Prog Ser* 141: 37-45.
- Dean, RL & Connell, JH (1987). Marine invertebrates in an algal succession. III. Mechanisms linking habitat complexity with diversity. *Journal of Marine Biology and Ecology*. 109, 249-273.
- dos Santos LN, Brotto DS and Zalmon IR (2010). Fish responses to increasing distance from artificial reefs on the Southeastern Brazilian Coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 386(1-2), 54-60. doi: DOI 10.1016/j.jembe.2010.01.018.
- Fjoesne K, Gjoesaeter J (1996). Dietary composition and the potential of food competition between 0-group cod (*Gadus morhua* L.) and some other fish species in the littoral zone. *ICES Journal of Marine Science*, 53(5), 757-770.
- Frandsen R, Dolmer P (2002). Effects of substrate type on growth and mortality of blue mussels (*Mytilus edulis*) exposed to the predator *Carcinus maenas*. *Mar Biol* 141: 253–262.
- Fyns Amt (2000). 3.4.2 Helnæs Bugt, 3. Fjorde og kystnære områder, Kystvande 1999, Vandmiljøovervågning.
- Fyns Amt (2006). Miljøfarlige stoffer og Ålegræs i Odense Fjord Odense, Fyns Amt, Natur- og vandmiljøafdelingen.
- Grabowski JH (2004). Habitat Complexity Disrupts Predator-Prey Interactions but not the Trophic Cascade on Oyster Reefs. *Ecology* 85: 995-1004.

- Grabowski JH, Hughes AR, Kimbro DL (2008). Habitat complexity influences cascading effects of multiple predators. *Ecology* 89: 3413-3422.
- Hagerman, L (1966). The macro- and microfauna associated with *Fucus serratus* L., with some ecological remarks. *Ophelia* 3 (1): 1-43
- Hansen BW, Dolmer P, Vismann B (2011). In situ method for measurements of community clearance rate on shallow water bivalve populations. *Limnol. Oceanogr. Methods* 9: 454-459.
- Hansen KS (2012). *Small scale distribution of fish in offshore wind farms*. Cand. scient. Master, UNIVERSITY OF COPENHAGEN AND NATIONAL INSTITUTE OF AQUATIC RESOURCES (DTU AQUA), DTU Aqua.
- Heck, Jr. KL & Wetstone, GS (1977). Habitat complexity and invertebrate species richness and abundance in tropical seagrass meadows. *Journal of Biogeography*. 4, 135-142.
- Hoffmann, E (2000). Fisk og fiskebestande i Limfjorden 1984-1999. DFU-Rapport nr. 75-00.
- Hoffmann E, Dolmer P (2000). Effect of closed areas on distribution of fish and epibenthos. *ICES Journal of marine Science*, 57: 1310-1314.
- ICES (2012). Report on the ICES Advisory Committee. Baltic Sea Cod in Subdivision 22-24. Stock summaries, Advice May 2012.
- Kamermans P, Blankendaal M, Perdon J (2009). Predation of shore crabs (*Carcinus maenas* (L.)) and starfish (*Asterias rubens* L.) on blue mussels (*Mytilus edulis* L.) seed from wild source and spat collectors. *Aquaculture* 290: 256–262.
- Krause-Jensen D, Middelboe AL, Sand-Jensen K, Christensen P B (2000). Eelgrass, *Zostera marina*, growth along depthgradients: upper boundaries of the variation as a powerful predictive tool, *OIKOS*, 91, 233-244.
- Kristensen PS, Lassen H (1997). The production of relayed mussels (*Mytilus edulis*) in a Danish fjord. *ICES J. Mar. Sci.* 54, 854–865.
- Køie M, Kristiansen A (2000). Havets dyr og planter, Gads forlag, Danmark, 351 s.
- Middelboe AL, Sand-Jensen K, Krause-Jensen D (2003). Spatial and interannual variations with depth in eelgrass populations. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 291: 1– 15.
- Muus, BJ (1967). The fauna of the Danish Eustaries and lagoons: Distribution and ecology of dominating species in the shallow reaches of the mesohaline zone. *Meddelelser fra Danmarks Fiskeri- og havundersøgelser, ny serie* 5: 1-316.
- Nielsen SL, Sand-Jensen K, Borum J, Geertz-Hansen O (2002). Depth Colonization of Eelgrass (*Zostera marina*) and macroalgae as Determined by Water Transparency in Danish Coastal Waters, *Estuaries* 25: 1025-1032.
- Nørrevang A, Lundø J (1979). Danmarks natur - Havet. *Politikens Forlag og Gads natur forum*
- Patimar R, Najafabadi M, Souraki G (2010). Life history features of the nonindigenous three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* Linnaeus, 1758) in the Gomishan wetland (southeast Caspian Sea, Iran). *Turk. J. Zool.*, 34, 461-470.
- Rasmussen, E (1973). Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark). *Ophelia* 11: 1 – 495
- Reusch TBH, Chapman ARO, Gröger JP (1994). Blue mussels *Mytilus edulis* do not interfere with eelgrass *Zostera marina* but fertilize shoot growth through biodeposition, *Marinae ecology progress series* 108: 265-282.

- Riisgaard HU, Seerup DF, Jensen M H, Glob E, Larsen PS (2004). Grazing impact of filter-feeding zoobenthos in a Danish fjord, *Journal of experimental Marina Biology and Ecology* 307: 261-271.
- Saier, B (2001). Direct and indirect effects of seastars *Asterias rubens* on mussel beds (*Mytilus edulis*) in the Wadden Sea. *Journal of Sea Research* 46: 29-42.
- Smith, EP, Orvos, DR, Cairns, J (1993). Impact Assessment Using the before-after-Control-Impact (Baci) Model - Concerns and Comments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50 (3), 627-637.
- Stoner, AW (2009). Habitat-mediated survival of newly settled red king crab in the presence of a predatory fish: Role of habitat complexity and heterogeneity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 382, 54-60.
- Vevers, HG (1949). The biology of *Asterias rubens* L.: Growth and reproduction (1949). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 28 (1): 165-187.
- Vinther HF, Holmer M (2008). Experimental test of biodeposition and ammonium excretion from blue mussels (*Mytilus edulis*) on eelgrass (*Zostera marina*) performance. *Journal of Experimental Marina Biology and Ecology* 364: 72-79.
- Vinther HF, Larsen JS, Holmer M (2008). Negative effects of blue mussel (*Mytilus edulis*) presence in eelgrass (*Zostera Marina*) beds in Flnesborg fjord, Denmark, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77: 91-103.
- Wennhage H and Pihl L (2002). Fish feeding guilds in shallow rocky and soft bottom areas on the Swedish west coast. *Journal of Fish Biology*, 61, 207-228. doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb01772.x
- Wilhelmsson D, Malm T and Ohman M C (2006). The influence of offshore windpower on demersal fish. *ICES Journal of Marine Science*, 63(5), 775-784.
- Wilhelmsson D, Yahya S and Öhman M (2006). Effects of high-relief structures on cold temperate fish assemblages: A field experiment. *Marine Biology Reseach*, 2, 136-147.

# Appendiks 1 – Fiskearterer fanget i fjorden i 2010 og 2011

Danske navne	Latinske navne	Forsøg 2010																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		Maj									Juni									Juli									August									September																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
station	station	0.2									0.2									0.2									0.2									0.2									0.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Ain, tangrål	<i>Loburus brachicollis</i>	3	1	1	1	1	4	2	2		1	1	3	4	1	3	1	2	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

Danske navne		Latinske navne		Forsøg 2011																																		
				Maj							Juni							Juli							August							September						
station	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
Alm. tangsl																																						
<i>Lobus bimaculatus</i>	0-2	0-2	0-2	2-4	2-4	2-4	4-6	4-6	4-6	0-2	0-2	0-2	2-4	2-4	2-4	4-6	4-6	4-6	0-2	0-2	0-2	2-4	2-4	2-4	4-6	4-6	4-6	0-2	0-2	0-2	2-4	2-4	2-4	4-6	4-6	4-6		
Alm. ulk																																						
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	1	2	2	1					1									2	1														3	1	1	1	1	1
Alm. knurhane																																						
<i>Eutrigla gurnardus</i>																																						
Havørred/fiks																																						
<i>Silino</i> sp.																																						
Hornflis																																						
<i>Merlangius merlangus</i>																																						
Makrel																																						
<i>Merlangius merlangus</i>																																						
Panserul																																						
<i>Agonus cataphractus</i>																																						
Rødslette																																						
<i>Pleuronectes platessa</i>																																						
Sand-/ertrulling																																						
<i>Pomatoschistus</i> sp.	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2																											
Slud/bnsling																																						
<i>Cupeidae</i>																																						
Skubbe																																						
<i>Platichthys flesus</i>																																						
Sortkilling																																						
<i>Gobius niger</i>																																						
Tangsnare																																						
<i>Spinachia spinachia</i>																																						
Tangspræl																																						
<i>Pholis gunellus</i>																																						
Tobls																																						
<i>Ammodytes tobian</i>																																						
Torsk																																						
<i>Gadus morhua</i>	2	11	3	5	6	9	2	2	3	4	3	4	13	1	7	4	5	3	5	8	1	6	4	4	3	23	1	1	5	10	8	17	12	4	5	1	4	
Trepil, hundestejle																																						
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	63	19	10	8	95	3	15	4	1	3	1	2	1	2	14	1	6	3	1								14	10	1	2	1	1	2	2	1			
Åkkeskabe																																						
<i>Zoares viviparus</i>																																						

## Appendiks 2 – Bundfauna fanget med epibentisk slæde i kontrol- og forsøgsområdet i 2010 og 2011

Danske navne	Latinske navne	station	2010										2011										Habitat	Føde	Fisketønde																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
			Kontrolområde					Forsøgsområde					Kontrolområde					Forsøgsområde																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
			1	10	11	12	2	4	5	6	7	8	9	K1	K2	K3	K4	K5	F1	F2	F3	F4				F5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<b>Krebsdyr</b>	<b>Crustacea</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						



DTU Aqua  
Institut for Akvatiske Ressourcer  
Danmarks Tekniske Universitet

Jægersborg Allé 1  
2920 Charlottenlund  
Tlf: 35 88 33 00

[aqua@aqua.dtu.dk](mailto:aqua@aqua.dtu.dk)  
[www.aqua.dtu.dk](http://www.aqua.dtu.dk)